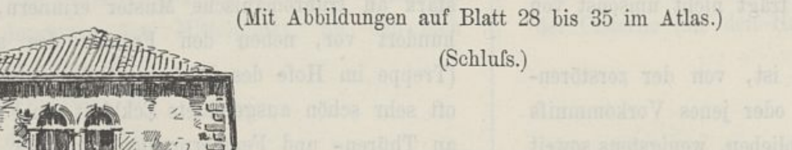
JAHRGANG XLIV. 1894. HEFT VII BIS IX.

Bauten in und um Ragusa.

Von H. E. v. Berlepsch und Fr. Weysser, Architekten in München.

(Mit Abbildungen auf Blatt 28 bis 35 im Atlas.)

(Schlufs.)



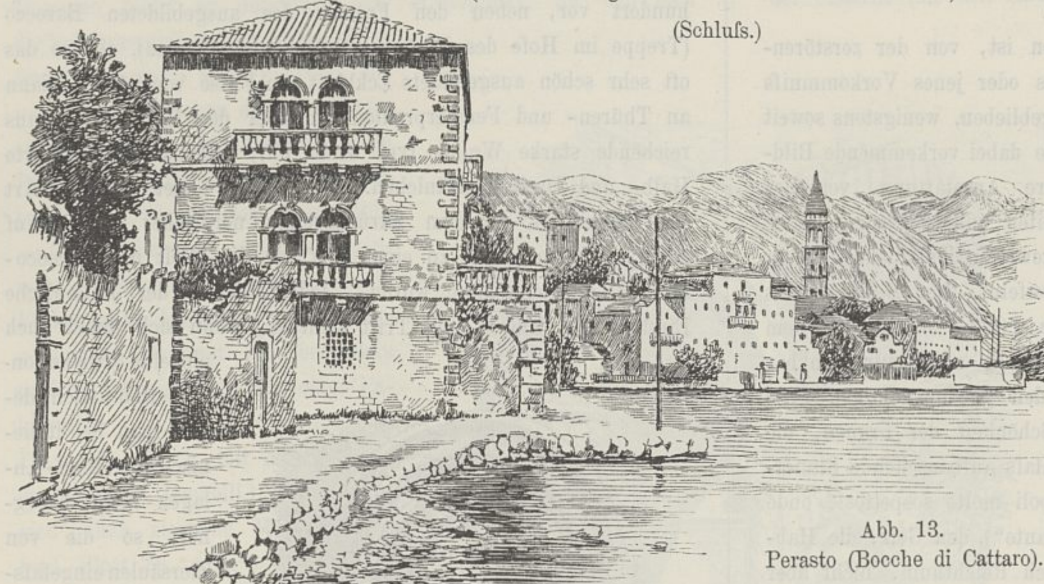


Abb. 13.
Perasto (Bocche di Cattaro).

Villenanlagen in Gravosa, Lapad und im Ombla-Thale.*)

Die Anlagen, um welche es sich im Nachstehenden handelt, liegen gröfstentheils im Nordwesten der Stadt, an und auf dem Hügelrücken, welcher zwischen dieser und ihrem eigentlichen Hafenplatze, Gravosa, liegt. Ragusa selbst hat einen kleinen hafenartigen Ankerplatz; er kann den heutigen Ansprüchen gegenüber nur Fahrzeugen von geringer Gröfse dienen, mag aber auch früher schon unzureichend gewesen sein; für eigentliche Seeschiffe ist er zu wenig umfangreich, um auch nur die einfachsten Bewegungen zu gestatten. Der Busen von Gravosa dagegen ist ein weites, natürliches Becken von einer Ausdehnung, dafs selbst grofse Kriegsfahrzeuge neben den an Umfang auch nicht gerade geringen Lloyddampfern dort in vollständig stillem Wasser ankern und manoeuvriren können. Einestheils ist es das Festland, welches die Umrahmung dieses von der Natur verschwenderisch mit den herrlichsten Reizen ausgestatteten Fleckes Erde bildet, anderseits eine, trotz des felsigen Untergrundes pflanzenreiche, langgestreckte Landzunge. Diese bildet den Abschlufs gegen das offene Meer. So bietet selbst bei ganz heftigem Sturme der Hafen von Gravosa dem Seefahrer vollständige Sicherheit. Hier ankerten die Kauffahrer der Republik, wenn sie von ihren Seereisen zurückkehrten, hier wurde der auswärts erworbene Reichthum für das eigene Land geborgen und hier verfaulte auch die Handelsflotte, eingeschlossen durch jahrelang anhaltende Blockade seitens der Russen, welchen im Verein mit den herbeigekommenen Montenegrinern das zweifelhafte Verdienst zufällt, rings um die Stadt die blühenden Gärten verwüstet, die Villenanlagen des wegtragbaren Gutes beraubt und dann eingeäschert zu haben.**)

Die ganze Gegend um den Busen von Gravosa, leicht ansteigende Höhenzüge, mufs in früherer Zeit wie ein grofsartiger Garten ausgesehen haben. Seitdem die Republik fremde Soldaten durch ihre Thore ziehen sah und damit die Selbständigkeit des Staates Ragusa ein für allemal aufgehört hat, sind diese herrlichen Gelände zum gröfseren Theile verödet. Die Hand des Gärtners, die hier früher ordnend wirkte, ist ersetzt durch die sprossende, treibende Natur, die gleichzeitig das noch vorhandene Mauerwerk der Ruinen weiter auseinander treibt, die Fugen sprengt.

Weitere Bauten, die ebenfalls Ragusaer Familien gehörten, heute aber wie die anderen entweder in Schutt und Trümmern liegen oder vom einstigen Glanze nurmehr sehr verwischte Spuren zeigen, liegen im Thale der Ombla. Es ist dies ein fjordartiger Meeresarm, der, von hohen Bergzügen umschlossen, sich nahe bei Gravosa in östlicher Richtung öffnet und rückwärts in einem allseitig von hohen steilen Gebirgszügen umschlossenen Kessel endigt. An den Abhängen finden sich eine ganze Reihe von Ruinen. Der hinterste Thalgrund, eine von üppigem Pflanzenwuchs belebte Mulde, in welcher die Ombla entspringt, um sich wie alle übrigen dalmatischen Flüsse nach kaum tausend Meter langem Laufe in das Meer zu ergiefsen, weist ebenfalls einige solcher Villen auf, darunter die Casa Papi (Abb. 16 u. 17) und die Casa di Palladio (Abb. 18). Die sehr steil abstürzenden Ufer südlich von Ragusa enthalten ebenfalls Trümmer, darunter in der Nähe des reizend gelegenen, architektonisch aber völlig bedeutungslosen Klösterleins San Giacomo jene einer bischöflichen Villa, von der aufser wenigen Mauerresten blofs eine Anzahl von Ziersäulchen übrig blieb. Die weitaus gröfste Zahl aber wie gesagt, findet sich auf dem Hügelrücken zwischen Ragusa und Gravosa, so wie an den Ufern der dortigen Meeresbucht. Dies

*) Wir haben das Hauptgewicht der Aufnahmen gerade auf diese einfachen Landhäuser gelegt, weil wir von der Annahme ausgingen, hier auch den Bedürfnissen unserer Tage etwas bieten zu können. Für die Beschreibung der älteren Bauten Ragusas schienen uns aus diesem Grunde Skizzen ausreichend. Die Verf.

**) Das Mobiliar der Villa Bonda soll sich ganz besonderer Vorliebe des russischen Commodore zu erfreuen gehabt haben. Als die Villa leer war, rissen die Montenegriner sogar die eisernen Gitter des Erdgeschosses heraus, um sie als Beute mit heimzunehmen. Dann erst wurde Feuer angelegt. Ob heute etwas anderes zu erwarten wäre? Schwerlich!

mag damit zusammenhängen, dafs gerade von der leichten Hügelkette aus der herrlichste Anblick sich bietet, zum Theil auf das Gelände selbst, dann auf den Hafen, das offene Meer, die im Dufte sich verlierenden, fernen Inseln, wie auch auf die grofsartig bergige Küste. Das ganze Landschaftsbild, welches man hier geniefst, stellt sich an Schönheit gleichwerthig neben die herrlichsten Punkte der neapolitanischen Küste, ja übertrifft diese sogar in gewisser Hinsicht und trägt nicht umsonst von alters her den Namen „Bella Vista".

Eine Anzahl dieser Villenanlagen ist, von der zerstörenden Hand der Menschen durch dieses oder jenes Vorkommnifs nicht erreicht, unsern Tagen erhalten geblieben, wenigstens soweit es die architektonische Anlage und die dabei vorkommende Bildhauerarbeit betrifft. Dafs die innere Ausstattung, von der selbst in den vorhandenen Baulichkeiten äufserst wenig übrig geblieben, den Anforderungen einer gewissen Behaglichkeit mag entsprochen haben, ist nicht zu bezweifeln. Der Bericht eines venezianischen Anonymus (vom Jahre 1624, mithin vor dem grofsen Erdbeben) über Ragusa*) besagt alles nur denkbar ungünstige über diese Stadt, über den gewinnsüchtigen Charakter ihrer Bewohner, die geringe Schönheit der Frauen, die immer lauernde und jeden kleinen Anlafs aufbauschende Sinnesart der Männer („sono i Ragusei popoli molto sospettosi, onde una minima ombre li serve per un elefante"), den Geiz, die Habsucht der Nobili, die sich blofs durch Reichthum, nicht aber durch „superiorità alcuna" vor ihren Mitbürgern auszeichnen. Dennoch läfst der Bericht, der zweifellos als ein ziemlich einseitiges Machwerk gelten mufs, der Bauart der Ragusaer und der Art wie sie ihre Häuser ausstatteten, alle Gerechtigkeit widerfahren, lobt diese Dinge ganz unverhohlen und bewundert vor allem die Menge an fliefsendem Wasser, welches die öffentlichen Brunnen speist. Fand der sonst in jedem Punkte eifersüchtige Venezianer gerade die Aufsenarchitektur auffallend gut entwickelt, so liegt kein Grund zu der Annahme vor, dafs die Inneneinrichtung nicht der äufseren Erscheinung entsprochen habe. Ein Unglück, wie das grofse Erdbeben, die darauf folgende Verarmung, dann die Einbufse staatlicher Selbständigkeit verbunden mit dem Verluste reichlichen Besitzes und endlich die jahrelang andauernde Beunruhigung des Landes durch feindliche Truppendurchmärsche, ebenso wie durch die Räuberhorden der nahen schwarzen Berge und der türkischen Nachbarn, das reichte aus, um alle veräufserungsfähigen Kostbarkeiten entweder verschwinden oder verderben zu lassen. Es trat eben ein vollständiger Niedergang des einst so blühenden Gemeinwesens ein und, wie an manch anderem Orte, ist das Haupterbtheil nur mehr die Erinnerung an vergangene Zeiten.

In welche Zeit der Bau dieser Villen zu setzen sei, läfst sich schwer bestimmen. Jedenfalls dürften die meisten zur Zeit des Erdbebens von 1667 bereits bestanden haben. Dafs gerade in Gravosa Erdstöfse nur sehr schwach oder oft auch gar nicht gespürt wurden, wenn sie in Ragusa arge Verwüstungen anrichteten, ist Thatsache. Aus den Formen auf das Alter zu schliefsen, wäre hier etwas völlig Falsches. Die eingeführten venezianisch-gothischen Formen mancher Einzelbildung mögen an einem Gebäude gleichzeitig neben den Formen der Hoch- und Spätrenaissance anderer Anlagen entstanden sein, ja sie kommen gemischt an ein und demselben Gebäude vor. Man kann höchstens an der Hand von Vergleichen mit älteren, vor dem grofsen Erdbeben entstandenen Bauten der Stadt Ragusa selbst gewisse Anhaltspunkte gewinnen. Doch zeigen sich auch da, wie schon wiederholt betont wurde, in verhältnifsmäfsig später Zeit noch Schmuckformen, welche ihrem Ursprunge nach ins Mittelalter oder die Frührenaissance zurück reichen, z. B. kommen aus der Steinfläche herausgearbeitete Ornamente, welche stark an frühromanische Muster erinnern, noch im 17. Jahrhundert vor, neben den Formen des ausgebildeten Barocco (Treppe im Hofe des Rectoren-Palastes in Ragusa), ebenso das oft sehr schön ausgebildete Eckblatt am Fufse von Säulen, dann an Thüren- und Fensterprofilen oft über den Halbkreis hinaus reichende starke Wulste (vgl. Abb. 12), offenbar verkümmerte Halb- und Dreiviertelsäulchen. Das Ganze bietet in seiner Art ein Seitenstück zu dem Zurückgreifen nordischer Völker auf ganz alte Zierformen zu einer Zeit, da die Welt mit Roccoco-Launen überschwemmt wurde. Jedenfalls ist der italienische Einflufs auf Schritt und Tritt sichtbar, wenn sich dabei auch einzelne örtliche Sonderheiten finden, denen man bei italienischen Villen-Anlagen nicht begegnet, so die von Ziersäulen eingefafsten Gänge der Gärten, ferner die nirgends fehlende, aber immer neben dem Hause stehende Capelle usw.



Abb. 12. Treppenthür der Villa Giorgi in Lapad.

Der Grundrifs ist durchschnittlich einfach. Eine wiederkehrende Grundform desselben läfst sich nur bei jenen Anlagen annähernd feststellen, welche eine auf die architektonischen Gesetze der italienischen Spätrenaissance zurückzuführende, eigentlich akademische Gestaltung zeigen. Dagegen ist aber der Aufbau, wenn auch mit der umgebenden Natur in gewissen Einklang gebracht, doch mit einigen ganz wenigen Ausnahmen (wo z. B. die Bodengestaltung hierzu zwang) nirgends gruppenweise, d. h. der malerischen Wirkung zu Liebe unsymmetrisch angeordnet, wie z. B. bei den Vignen und herrschaftlichen Bauernhäusern um Florenz. Nur die immer beigegebene Capelle, welche sich stets auf der Terrassenhöhe, nirgends im Erdgeschofs vorfindet, könnte als unsymmetrische Zuthat angeführt werden, hin und wieder auch eine angebaute Halle. Gemeinsam mit den einfacheren italienischen Anlagen ist der Zug, dafs nirgends eigentlicher Hochbau auftritt, das Ganze vielmehr seine gröfsere Ausdehnung

*) Dieser wurde mir in Abschrift freundlichst mitgetheilt durch Herrn Oberst J. v. Dorotka in Ragusa.

in wagerechtem Sinne erfährt. Von einer Abwechselung der Räume, wie sie Alberti für die Villa suburbana in dem Werke „De re aedificatoria“ aufstellt, ist nichts vorhanden, vielmehr zeichnen sie sich alle durch eine gewisse Gleichmäfsigkeit aus. Nur der fast nirgends fehlende Mittelsaal, der Sinus, erhält durch gröfsere Ausdehnung eine gewisse Betonung, ist aber nirgends kreisrund oder länglichrund, wie ihn z. B. schon Sannazaro wünscht, und wie er auch bei den Villen-Entwürfen des Serlio vorkommt. Dagegen bildet er durchweg den Mittelpunkt, an den sich die Nebengemächer anschliefsen. Hier findet sich denn auch meistens der grofse, oft sehr schön durchgebildete, steinerne offne Wandschrank, die Pila, die unten meist mit einem trogartigen (daher der Name Pila = Trog, Backtrog) Ansatze beginnend, über einander angeordnete Fächer zum Aufstellen von Prunkgeschirren usw. zeigt. (Ein besonders schönes Beispiel, das aus einer Palastruine in Curzola stammt, zeigt Blatt 28, Abb. 1, mit dem Wappen der Familie Ismaelli.) Oft finden sich auch zierliche Wandbrunnen (vgl. Blatt 28, Abb. 6 u. 8). Bei einigen dieser grofsen Innenräume kommen Fenster an der inneren Langseite des Saales vor, welche nicht zur Beleuchtung angebracht worden sein können. Die alte Ragusaer Sitte soll verlangt haben, dafs bei festlichen Gelegenheiten, wo die Männer beim Mahle safsen und zechten, keine Frauen zugegen sein sollten. Dagegen durften sie durch diese Gucklöcher zuschauen. Offenbar werden die Wände in diesen Gemächern entweder mit Arazzi oder Tapeten, zum Theile wenigstens, verhängt gewesen sein, denn vielfach ist der grobe Mauerverputz sichtbar, ohne dafs sich Spuren einer darüber befindlichen anderen Schicht vorfinden. Die meist gerade Balkendecke ist zuweilen sichtbar und bemalt, so in einem Raume der Villa Giorgi in Lapad, hin und wieder waren wohl auch die Wände und Decken al Fresco behandelt, wie in der zerfallenden bischöflichen Villa in Perasto, der Casa Papi im Omblathale und der Villa Giorgi in Lapad. In der Villa Bonda (Tre Chiese) bei Ragusa finden sich zahlreiche Ueberbleibsel von niederländischen Wandverkleidungskacheln mit Malerei in blau und weifs.

Abb. 15. Arcadenhof der Villa Giorgi in Lapad.

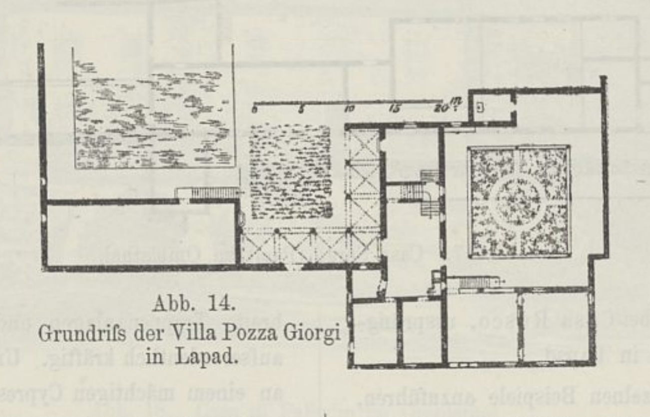


Abb. 14.
Grundrifs der Villa Pozza Giorgi in Lapad.

Die Treppe spielt bei allen hier veröffentlichten Beispielen eine durchaus nebensächliche Rolle. Sie gelangt nirgends zu eigentlich architektonischer Entwicklung, steht selbst bei sehr regelmäfsigen Anlagen wie z. B. bei der Villa Bonda (Tre Chiese), wo auf Einhaltung durchgehender Achsen Gewicht gelegt ist, nirgends in der Richtung von diesen und hat auch durchschnittlich ziemlich starke Steigung und nur sehr mäfsige Breite.

Die Küche als Theil der Grundrifsanlage fehlt ebenso wie bei den alten Häusern Ragusas. Sie befand sich meist in einem Raume unter dem Dache. Da überall nur Kohlenfeuerung zur Bereitung der Speisen benutzt wird, so ist die Bezeichnung der „Stadt mit Kaminen, die nie rauchen“ sehr zutreffend. Aborte finden sich selbstverständlicher Weise nirgends. Man sucht sie auch im heutigen Ragusa fast überall vergeblich. Bei sehr vielen der Villenanlagen findet sich die Mundöffnung der Cisterne (die den Haupt-Wasservorrath enthält) im gedeckten Hofe.

Was die äufsere Entwicklung der Bauten betrifft, so ist dabei entschieden in erster Linie auf Massenwirkung, nicht auf feine Einzelformen der Hauptwerth gelegt. Meer und ansteigendes Ufer luden förmlich zu einer massigen Entwicklung der mit beiden in Verbindung stehenden Architektur ein. So ist neben Treppenanlagen, wie sie der einzelne Fall bedingte, die sehr häufige Anwendung vorgelegter, oder in die Architektur mit einbezogener Hallen bemerkenswerth, die nach Serlio den Hauptreiz der landschaftlichen Architektur ausmachen. Verbunden mit den häufig angewendeten, oft weit ausgedehnten Terrassenbauten (das abfallende Gelände gebot solche) geben diese, sind sie auch an sich oft von gedrungenen Verhältnissen, dem Anblicke etwas freies, luftiges, zum Wesen des Landlebens passendes. Die Halle erscheint dem eigentlichen Hause vorgelegt, sodafs sie im Stockwerk darüber als Terrasse mit Brüstung ausgebildet werden kann (vgl. Blatt 34, Abb. 3). Hier liegt denn auch meist, wie schon vorhin bemerkt, die bei keinem Ragusäer Edelsitze fehlende kleine, stets vom Hause getrennte Capelle, die sehr oft eine zierliche Ausbildung der Gesamtform (sieh die zierliche Capelle neben der Villa des Grafen Pozza, Blatt 28, Abb. 2) wie der Einzelheiten (Weihwasserständer, Fensterleibung, Füllungen) zeigt. Wo keine Terrassen-Anlage vor dem Hause sich findet, wie bei Casa Pozza Sorgo in Gravosa und bei Pozza Giorgi in Lapad (Abb. 19, hier seitlich), da sind wenigstens die Ecken des ersten Stockes als Loggien ausgebildet, für landschaftliche Architektur ein reizendes Motiv. An der letztgenannten Villa zeigt sich übrigens deutlich, wie frei man mit den verschiedenartigen Motiven umging, da sich neben der rundbogigen Eck-Architektur auch eine rein venezianisch-gothische Pergola findet.

Die Einzelheiten des Aeufseren bewegen sich, wie dies beim Abzielen auf einen der Landschaft entsprechenden Eindruck nicht anders möglich ist, meist in sehr derben Formen, welche eine kräftige Licht- und Schattenwirkung erzielen. An Fenster- wie

an Thürgewänden finden sich oft halbrunde Wulste vor, welche bei jeder städtischen Architektur plump aussehen müfsten, in einzelnen Fällen hier jedoch auch bei Zierarchitekturen der Innenräume angewendet sind (Treppenthüre in der Villa Giorgi in Lapad, Abb. 12). Das Gleiche wiederholt sich bei den Façaden der beinahe verödeten Villenstadt Perasto in den Bocche di Cattaro (vgl. Abb. 13). Das Dachgesims ist fast ausnahmslos mit kurzen, derben Consolen gegliedert und zeigt nirgends weite Ausladung. Architektonisch gegliedertes Holzwerk, wie an italienischen Landhäusern, kommt dabei nirgends vor.

Einem wesentlich decorativen Gebiet gehören die vielfach in den Gärten längs der Wege vorkommenden, aus einem Stück gearbeiteten steinernen Ziersäulchen an, im Mittel 2,50 bis 2,80 m hoch, oben mit Einkerbung zur Anbringung von leichten Lattengerüsten. Hier ist eine Fülle von decorativen Gedanken entwickelt, die es verdiente, besonders veröffentlicht zu werden. Bald sind die Säulenschäfte, die die Decke der Laubgänge zu tragen hatten, gerade, bald gewunden, oder es kommen zierliche decorative Glieder, bald mit geschwellter, bald mit eingezogener Form über einander zu stehen, abwechselnd mit geraden cylin-

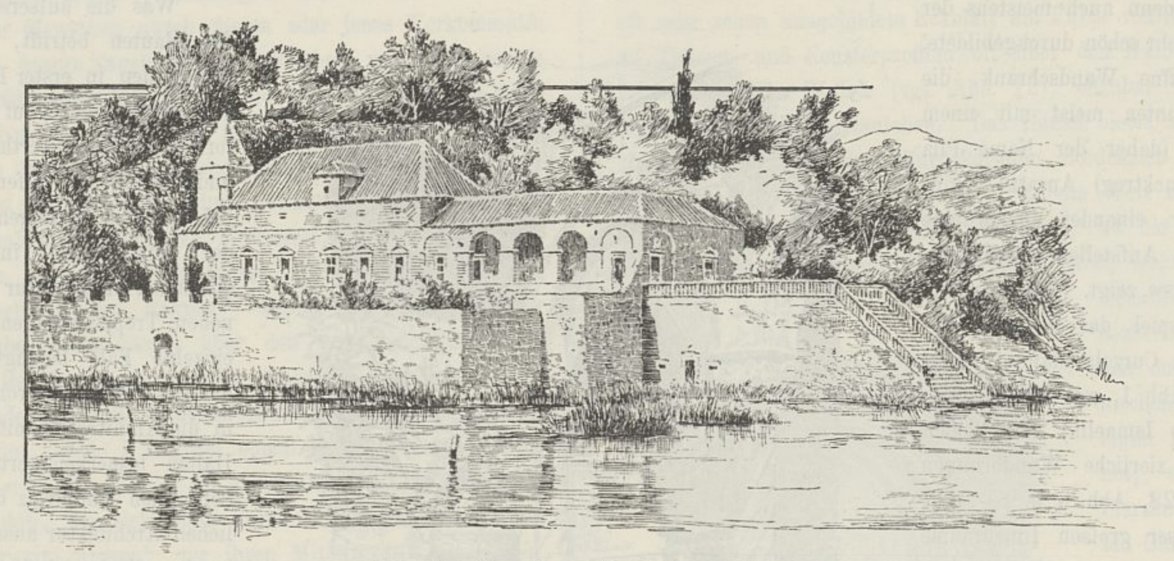


Abb. 17. Casa Sorgo (Papi) im Omblathal.

drischen Theilen. Kaum ein solches Säulchen gleicht dem andern. Die Capitelle sind unter sich sehr verschieden. Aufserordentlich fein und geschmackvoll ist oft die Ausbildung der Basis mit Eckblättern, bald von pflanzlicher, bald von thierischer Form (aus Schlangen, Eidechsen, Kröten usw. gebildet), alles die schönsten Motive für Kandelaber usw. Die schönsten finden sich im Garten der Villa Pozza bei Porta Pile in Ragusa.

Mit den Gartenanlagen sind öfters Piscinen verbunden, so bei Villa Radič (jetzt landwirthschaftliche Schule) in Gravosa (Blatt 30, Abb. 7), bei Giorgi in Lapad (Abb. 14), woselbst ein Terrassengang über dem Arcadenhof mit gewundenen Säulen (Abb. 15), und bei Casa Rusco, ursprünglich Gozzo, jetzt Landwehr-Caserne in Lapad.

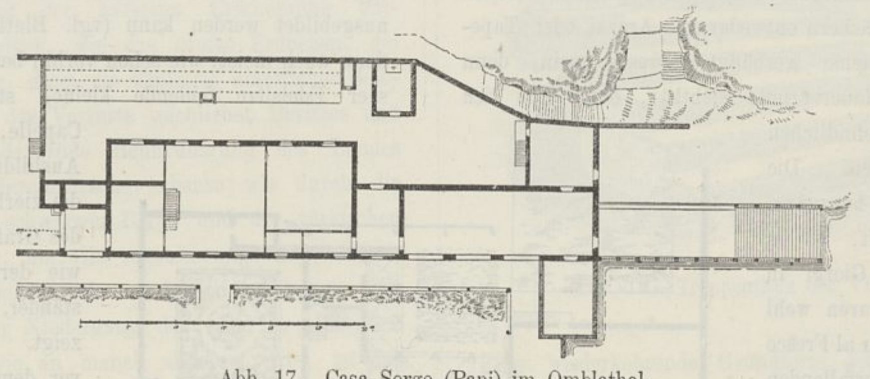
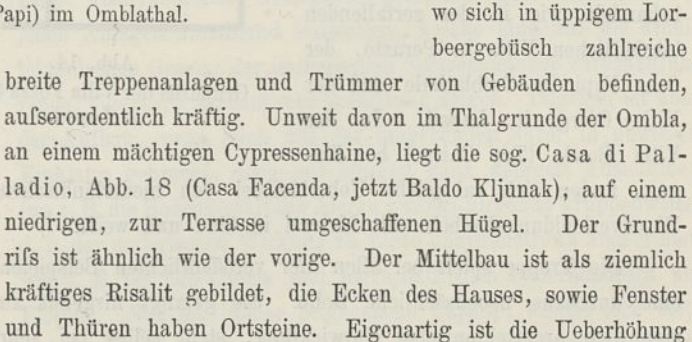


Abb. 17. Casa Sorgo (Papi) im Omblathal.

Es erübrigt nur mehr, die einzelnen Beispiele anzuführen, von denen je nach Bedürfnifs blofs die Grundrifsanlage oder das Aeufsere, in manchen Fällen beides gegeben ist.

Casa Sorgo, jetzt Papi, im Ombla-Thal (Abb. 16 u. 17) zeigt die typische Grundrifsanlage mit grofsem Mittelraum und daneben angeordneten, weniger hohen Seitenräumen (theilweise umgeändert und verbaut). Die Höhe des ersteren begreift die kleinen Fenster im Obergeschofs mit ein, in den Seitenräumen liegen zwei Zimmer übereinander. Anschliefsend an das Haus liegt eine Loggia mit steinernen Pfeiler-Arcaden, welche zu der breiten, nach dem Meere hinabführenden Treppe gehen; an den Wänden befinden sich hier grofse, mythologische Scenen darstellende Fresco-Bilder. Ueber einem Unterbau erhebt sich eine mächtige, aus Quadern gefügte Terrasse, an welcher im davorliegenden Garten der mit Hermen usw. geschmückte, sehr hübsche Barock-Wandbrunnen sich befindet. Auf der einen Seite liegt eine Art von Wartthurm, offenbar älteren Ursprunges als die Anlage der Villa (solche Thürme finden sich bei sehr vielen Florentiner Landsitzen). So einfach auch die ganze Anlage ist, landschaftlich wirkt sie an dem dahinter aufsteigenden Bergrücken, wo sich in üppigem Lorbeergebüsch zahlreiche breite Treppenanlagen und Trümmer von Gebäuden befinden, aufserordentlich kräftig. Unweit davon im Thalgrunde der Ombla, an einem mächtigen Cypressenhaine, liegt die sog. Casa di Palladio, Abb. 18 (Casa Facenda, jetzt Baldo Kljunak), auf einem niedrigen, zur Terrasse umgeschaffenen Hügel. Der Grundrifs ist ähnlich wie der vorige. Der Mittelbau ist als ziemlich kräftiges Risalit gebildet, die Ecken des Hauses, sowie Fenster und Thüren haben Ortsteine. Eigenartig ist die Ueberhöhung des Mitteltheiles über dem Dache. Wozu sie diente, ist beim jetzigen Zustande nicht ausfindig zu machen.



Der nämliche Grundrifs des Hauptgebäudes kehrt wieder bei der Villa Radič in Gravosa Blatt 30, Abb. 7, an welche

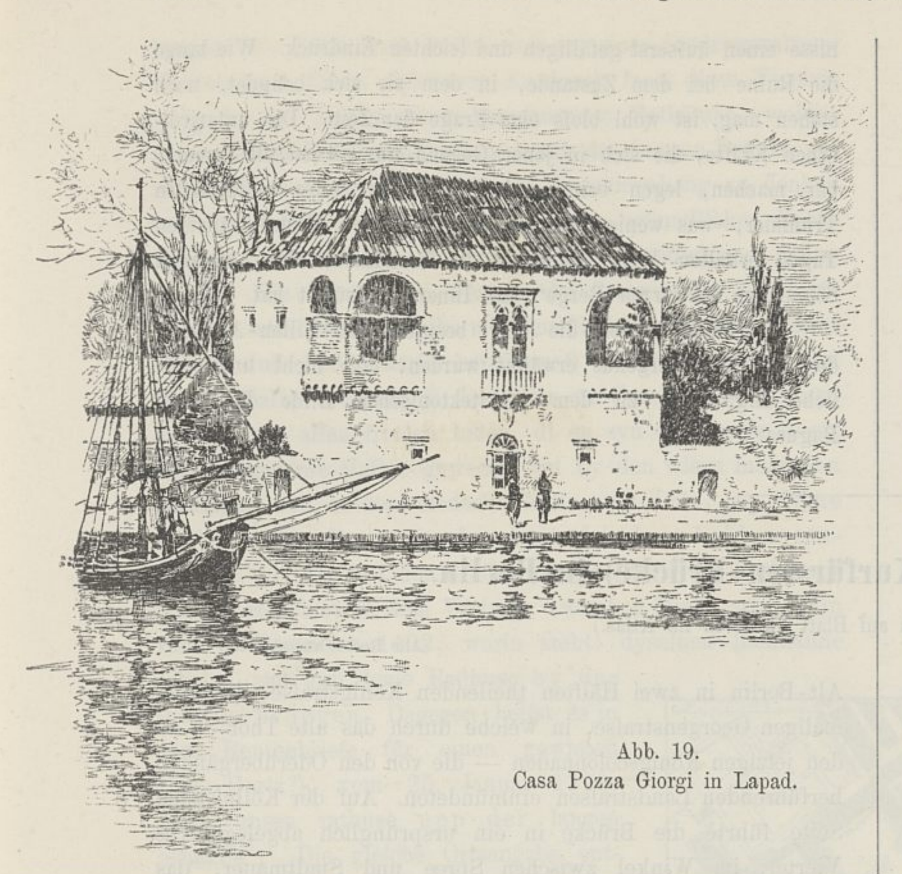


Abb. 19.
Casa Pozza Giorgi in Lapad.

sich beidseitige Terrassenanlagen anschliefsen. Auf der linken Seite liegt die Capelle, vor ihr eine breite Plattform mit grofser, gedeckter, von Säulen getragener Veranda. (Der Grundrifs giebt das Erdgeschofs des Hauses, für die Terrasse mit Capelle und Pavillon ist der Grundrifs des oberen Stockwerkes gegeben.) Hinter dem Hause schliefst sich architektonisch ein Garten mit Steinsäulchen an. Von einer weiteren Anlage gleicher Art, der Villa Caboga, nahe Gravosa, am Eingange des Ombla-Thales, ist auf Bl. 34, Abb. 3 die Ansicht gegeben, während die Abb. auf Bl. 35 sowie die Abb. 3 u. 7 auf Blatt 28 Einzelheiten darstellen. Der Grundrifs des Hauses stimmt in der Anlage mit den vorigen überein. Im Erdgeschofs, welchem eine aus sechs Bogen bestehende Halle vorgelegt ist, liegen Dienerschaftsräume. Die Achsen der Thüren und Fenster, welche alle geraden Sturz haben, stimmen mit den oberen Lichtöffnungen nicht überein. Diese letzteren zeigen die bekannten venezianisch-gothischen Formen, über welche sich ein gerades Gesims mit Fries, Zahnschnitt und Sima legt (ohne Hängeplatte). An der Südseite des Hauses, auf der Terrasse, ist an das Haus eine offene Veranda mit gewundenen Säulen und einfach kräftig profilirtem Bogen angebaut. In der Flucht der Front liegt die aufserordentlich zierliche Capelle mit sehr hübscher Rundbogenthüre (mit geradem Sturz), daneben ein Weihwasserbecken (Blatt 30, Abb. 5). Den Wandbrunnen in der Erdgeschofshalle stellt Blatt 28, Abb. 3 dar, die steinerne Pila aus dem ehemaligen Festsaale des Hauses nebenan die Abb. 7 desselben Blattes.

Die Villa Pozza-Sorgo (jetzt Natali) in Gravosa ist auf Blatt 34, Abb. 1 u. 2 mitgetheilt. Vor dem Erdgeschofs liegt eine dreitheilige Bogenhalle. Im ersten Stocke neben dem grofsen Mittelraume sind die Ecken als Hallen ausgebildet. Nur die Mittelfenster-Achse des Obergeschosses stimmt mit der entsprechenden im Erdgeschofs überein. Die an die Hausmauer anschliefsenden Dreiviertel-Säulen der Eckhallen stehen über dem Scheitel der äufseren Bogen unten. Die an und für sich etwas knappen Verhältnisse der Façade gewinnen durch diese doppelte Durchbrechung mit Bogen etwas äufserst luftiges, in der Erscheinung eigenartiges. Aehnliche Ecklösung findet sich im Obergeschofs der Casa Pozza Giorgi in Lapad (Abb. 19). Hier kragt die Eckhalle beidseitig über die Mauer vor.

Unter Beibehaltung der bereits mehrfach erwähnten Grundrifs-Anordnung bietet die Villa Bonda (Tre Chiese) bei Ragusa (vgl. Blatt 30, Abb. 1, 2 u. 3, Blatt 32, Abb. 1, sowie Blatt 33), vom streng architektonischen Standpunkt aus genommen wohl die feinst abgewogene Lösung hinsichtlich der äufseren Entwicklung. Die ziemlich lange Terrasse, auf welcher sich das Gebäude erhebt, hat an beiden Enden breite Treppen, welche zum Garten niederführen, und diente (Eingänge vom Garten her) zur Anbringung von allerlei Nutzräumen. Die Mitte derselben, zusammenfallend mit der Hauptachse des Gebäudes, zeigt einen mächtigen Rundbogen. An dem Hause selbst ist die dreitheilige Anlage aufsen folgerichtig zum Ausdrucke gelangt. Ein gewölbter durch drei Bogen mit toscanischen Säulen sich öffnender Vorraum im Erdgeschofs entspricht einer gleichen Lösung im ersten Stocke, wo ionische Säulen die Bogen tragen. Ein einfaches Gurtgesims trennt die beiden Geschosse, von denen das untere Fenster mit geradem Sturze, das obere solche mit Spitzgiebeln zeigt. An den Seitenfronten sind sowohl über den einen wie über den andern noch kleine quadratische Lichtöffnungen angeordnet. Der etwas stark baufällige Zustand des Gebäudes, an dem alle Mauern geborsten sind, erlaubte es leider nicht, zu untersuchen, ob diese kleinen Oberfenster durch-

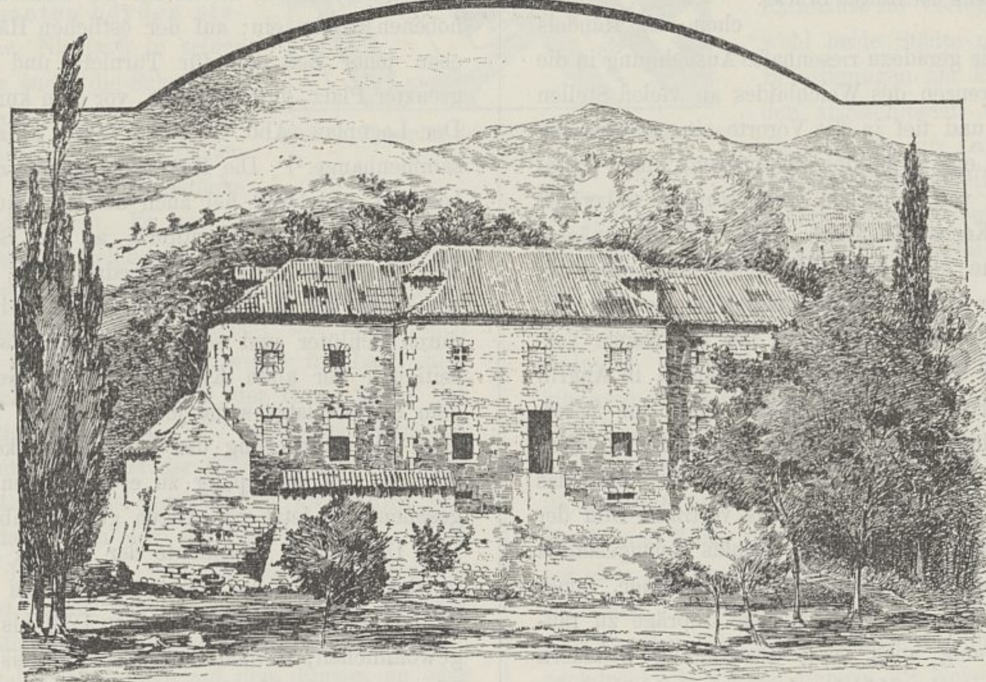


Abb. 18. Casa di Palladio im Omblathal.

gehends zur Beleuchtung von Zwischenräumen dienten. Spuren von Balkenlagern, welche darauf hindeuten, waren zum Theil unter dem auf allen Mauerabsätzen wuchernden Buschwerk sichtbar; es müfsten also im Innern kleinere Treppen die Zugänge zu diesen Räumen, die eine Höhe von 3 m hatten, vermittelt haben.

Das Hauptgesims hat unter den sämtlichen hier in Betracht gezogenen Bauten die reichste Durchbildung erfahren und wirkt, entsprechend den übrigen Gliederungen, mafsvoll. Dabei mag immerhin angenommen werden, dafs der Vorsprung des Sparrenwerkes die Schattenwirkung noch gesteigert hat. Die Façade, offenbar der durchgebildeten Spätrenaissance entstammend, macht noch heute durch ihre fein abgewogenen Verhältnisse einen äufserst gefälligen und leichten Eindruck. Wie lange die Ruine bei dem Zustande, in dem sie sich befindet, noch stehen mag, ist wohl blofs eine Frage der Zeit. Die unterirdischen Kräfte, die sich in jener Gegend nur all zu oft bemerkbar machen, legen beim ersten kräftigen Stofse vollends in Trümmer, was wenigstens in seiner äufseren Gestalt unseren Tagen erhalten blieb, nachdem die Brandfackel der „tapferen Söhne der schwarzen Berge" das Innere verwüstet hat.

Jedenfalls bieten die hier besprochenen Villen-Anlagen, die bis jetzt nirgends erwähnt wurden, eine nicht unwesentliche Ergänzung zu dem architektonischen Bilde der Stadt Ragusa.

Die Lange Brücke (Kurfürsten-Brücke) in Berlin.

(Mit Abbildungen auf Blatt 41 u. 42 im Atlas.)



Zierschild von der Nordseite der Langen Brücke.

Berlins Entwicklung von der märkischen Landstadt im Mittelalter zur Hauptstadt des Deutschen Reiches war bedingt durch seine politische Stellung, seine jetzige Entwicklung zur Weltstadt steht im Zeichen des Handels und Verkehrs. Auf die geradezu riesenhafte Ausdehnung in die Breite, welche die Grenzen des Weichbildes an vielen Stellen längst überschritten und tief in die Vororte eingegriffen hat, folgte in jüngster Zeit eine gründliche Erneuerung und Verjüngung des lange Zeit von baulichen Umwälzungen unberührt gebliebenen inneren Kerns der Stadt. Hier war es zunächst die Stadtbahn, welche mehr wie jede andere Mafsregel auf die Umgestaltung der angrenzenden Stadttheile gewirkt hat. Nicht minder tiefgreifend in von Alters her bestehende Verhältnisse erweist sich die in den letzten 5 Jahren in Angriff genommene Schiffbarmachung des Hauptarmes der Spree. So wechseln die beiden der Bewältigung von Massen dienenden Verkehrsmittel, das jüngste, die Eisenbahn, und das älteste, die Schiffahrt, die Rollen, um das vertraute Bild der alten Stadt den heutigen Bedürfnissen gemäfs umzugestalten und ihm, durch Beseitigung auch erinnerungsreicher, denkwürdiger Plätze vollends das geschichtliche Gepräge zu rauben. Es sei, so wenig auch seine Beseitigung Bedauern erwecken wird, hier nur des Mühlendammes gedacht, jener uralten Uebergangsstelle, welche die Lande Teltow und Barnim an beiden Ufern der Spree mit einander verband und daselbst die erste Niederlassung ins Leben rief. Der Damm vermittelte den Verkehr zwischen den Marktplätzen der beiden ursprünglich getrennten städtischen Gemeinwesen: dem Köllnischen Fischmarkt in Kölln, dem Molkenmarkt auf der Berlinischen Seite. Das durch den Damm gestaute Wasser trieb Mühlen, die ersten gewerblichen Anlagen auf dem Boden der Stadt. Zu dem Mühlendamm trat als nächste Verbindung zwischen beiden Städten die Lange Brücke. Sie liegt im Zuge der Alt-Berlin in zwei Hälften theilenden Königstrafse, der ehemaligen Georgenstrafse, in welche durch das alte Thor — an den jetzigen Königscolonnaden — die von den Oderübergängen herführenden Landstrafsen einmündeten. Auf der Köllnischen Seite führte die Brücke in ein ursprünglich abgelegeneres Viertel, im Winkel zwischen Spree und Stadtmauer, das erst durch die Gründung der Hohenzollern-Burg Friedrichs II., um die Mitte des 15. Jahrhunderts, an Bedeutung gewann. Der heutige Schlofsplatz war noch nicht vorhanden, seine westliche Hälfte nahmen die Baulichkeiten des alten Dominicaner-Klosters mit seiner im 16. Jahrhundert zum Dom erhobenen Kirche ein; auf der östlichen Hälfte befand sich seit eben jener Zeit ein für Turniere und Ringelrennen abgegrenzter Platz, die Rennbahn, vor dem kurfürstlichen Schlosse. Der Lageplan (Abb. 2) zeigt diese Anlagen in ihrem Zusammenhange.[1]) Die Rennbahn wurde zwar schon um 1660 beseitigt und 1682 fiel auch der alte, auf dem Plane gleichfalls verzeichnete Rundthurm an der Spree, vielleicht ein Rest des alten Burgbaues Friedrichs II., allein erst die Umwandlung der kurfürstlichen Residenz in ein Königsschlofs durch Schlüter und seine Nachfolger, welche auch die Beseitigung der alten Klosterbauten im Gefolge hatte, verlieh dem Schlofsplatze seine jetzige Gestalt. In dieselbe Zeit fiel auch die Erneuerung der Langen Brücke in der Form, wie wir sie, von den später zu erwähnenden Veränderungen abgesehen, bis jetzt vor Augen gehabt haben.

Die älteste Geschichte der Langen Brücke verliert sich in das Dunkel, das die ersten 60 bis 70 Jahre nach der Gründung Berlins, etwa zwischen 1230 bis 1240, umhüllt. Der gewöhnlichen, freilich nicht sicher erweislichen Annahme zufolge wäre die Stadt auf der Berlinischen Seite etwa ein Menschenalter nach ihrer Gründung um das Viertel nördlich der Königstrafse bis zur Neuen Friedrichstrafse, mit dem Neuen Markte als Mittelpunkt, erweitert worden. Mit dieser Erweiterung mag frühestens die Anlage der Langen Brücke im Zusammenhang gestanden haben. Mindestens wahrscheinlich ist ihre Erbauung im Beginn des 14. Jahrhunderts, als — seit 1307 — die bis dahin getrennten Gemeinde-Verwal-

1) Es sei hier nur darauf hingewiesen, dafs das Schlofs die hier gezeichnete Gestalt etwa um 1688, der Marstall bereits um 1669 erhalten hat.

tungen von Kölln und Berlin sich zu einer Stadtverwaltung vereinigten. Einen sichtbaren Ausdruck fand diese Vereinigung in der Anlage einer gemeinsamen Rathstube, welche nachweislich im Zusammenhange mit der Langen Brücke gestanden hat. Wie freilich dieser Zusammenhang zu denken ist, bleibt fraglich, da die vorhandenen urkundlichen Nachrichten darüber nicht deutlich und übereinstimmend genug lauten. Die älteste, ein Vertrag der Saarmunder Kaufleute Gerhard und Matthias Valke mit dem Rath von Berlin, stammt vom 7. Juli 1365; darin heifst es:[1]) Ik Gerard Valke und Mathis Valke brudere, di dar sitten tu Saremund, bekennen openbar vor allen fromen luden, di en syn oder horen lesen, dat ik egenante Mathis geweset byn by den wisen luden den radmanne von beiden steden, Berlin und Coln, up deme radhuse by der nyen bruggen tuschen beiden steden . . . . Als bei der Brücke belegen wird das Rathshaus ferner bezeichnet in dem Vertrage zwischen Berlin und Kölln vom 6. December 1432, worin steht: dyseluen Radmanne scholen gan upp deme Radhuse by der langen bruggen. Dagegen heifst es in dem Rentenbriefe für einen gewissen Hans Gartz[2]), vom 25. Januar 1399: „upp unsen rathuse upp der langen bruggen". Die gleiche Ortsangabe enthält ferner die wichtige Urkunde[3]) vom 29. August 1442, welche dem Kurfürsten Friedrich II. den ihm von den Städten Berlin und Kölln abgetretenen Platz für seinen Burgbau anweist: dat Radhuefs tusschen den genanten beyden steden up der Sprew. Nicolai[4]) in seiner Beschreibung Berlins sucht die Schwierigkeiten der Ortsbestimmung zu lösen, indem er das Rathhaus mit Rücksicht auf den damaligen Spreelauf auf die Grundstücke Poststrafse Nr. 4 und 5 verlegt. Es ist zunächst zwar zweifellos, dafs die Brücke, welche ihren Beinamen offenbar ihrer Ausdehnung verdankt, ursprünglich eine gröfsere Länge gehabt hat als jetzt, weil das Flufsbett der Spree sich namentlich auf der Berlinischen Seite weiter ins Land hineinzog. Wurde doch erst seit 1657 der Gang längs der Spree — die heutige Burgstrafse — mit einer Schälung eingefafst. Anderseits aber läfst der Wortlaut der Urkunden von 1365 und 1442, welche ausdrücklich zwischen beiden Städten und dazu noch auf der Spree besagen, nicht zu, die Lage des Rathhauses mit Nicolai auf entschieden Berliner Grund und Boden anzusetzen. Auch die Chronik des Pusthius[5]) erwähnt des Rathhauses als „auf der Spree" belegen; es mufs daher eine Lage auf dem Flusse, an oder mindestens in der Nähe der Gebietsgrenze zwischen Berlin und Kölln als wahrscheinlicher gelten. Dafs eine solche Gebietsabgrenzung wirklich bestanden hat, läfst der Entwurf eines Statuts für die Communalverwaltung beider Städte, vom 21. December 1649[6]) wenigstens vermuthen. Hierin wurde, jedenfalls auf Grund der ursprünglichen Besitzverhältnisse, der Antheil von Berlin und Kölln derart festgestellt, dafs der Rath von Berlin zwei Theile, der Rath zu Kölln aber „ein Theil, welches an der Cöllnischen Seite lieget unndt durch den beyden an einander gesatzten Pfeilern unterschieden ist, halten thut". Diese Erwägungen geben der schon von Küster[7]) geäufserten Vermuthung Raum, dafs das Rathhaus entweder auf einem von der Brücke aus zugänglichen Ausbau auf Pfahlwerk, oder mindestens auf einem dem ursprünglichen Spreebette abgenommenen Stück Boden mit Zugang von der Brücke angelegt war. Ein Gegenstück, ja vielleicht das Vorbild zu dieser Anordnung, bot die Lage des Schöffenstuhls der gleichfalls durch den Flufs geschiedenen Alt- und Neustadt Brandenburg. Hier hat nachweislich, und etwa seit derselben Zeit wie in Berlin, das gemeinsame Rathhaus mitten in der Havel, an der beide Städte verbindenden Brücke gelegen.

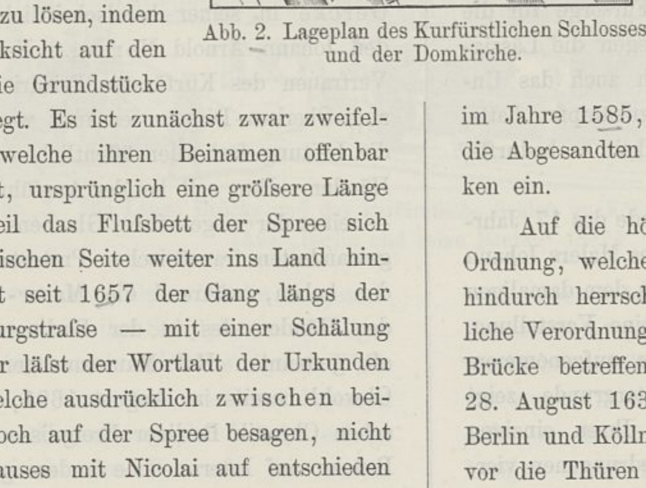


Abb. 2. Lageplan des Kurfürstlichen Schlosses und der Domkirche.

Als Kurfürst Friedrich II. nach dem Ausgleich mit Berlin und Kölln, 1442, die Verwaltung beider Städte wieder trennte und ihnen u. a. die Gerichtsbarkeit entzog, wurde die Rathstube der Sitz des kurfürstlichen Hofrichters; endlich, im Jahre 1514[8]), wurde sie abgebrochen und dem Rath von Berlin anbefohlen, dem Hofrichter einen Raum im Berlinischen Rathhause zur Verfügung zu stellen. — Obwohl beide Städte nicht durch besondere Befestigungen am Flufsufer gegen einander abgeschlossen waren, wurden doch die Zugänge zur Langen Brücke auf beiden Seiten durch Gitter gesperrt und erst im Jahre 1585, in einer Eingabe vom 23. August, kamen die Abgesandten der Städte um Beseitigung dieser Schranken ein.

Auf die höchst eigenthümlichen Zustände polizeilicher Ordnung, welche in der Residenz das siebzehnte Jahrhundert hindurch herrschten, werfen einige uns erhaltene kurfürstliche Verordnungen, die Reinhaltung und Instandsetzung der Brücke betreffend, ein bezeichnendes Licht. So wird am 28. August 1634 den Anwohnern der Langen Brücke in Berlin und Kölln untersagt, Lederabfälle und andern Unrath vor die Thüren zu werfen, Schweine daselbst herumlaufen zu lassen, insbesondere Leder auf das Geländer der Brücke oder der Rennbahn zum Trocknen aufzuhängen. Nicht minder nachdrücklich werden unterm 22. November 1650 die Städte ermahnt: nun endlich die Gassen und die Lange Brücke von Unrath und Mist zu säubern[9]), sowie zu verhindern, dafs von den Häusern am Mühlendamm fortwährend Müll und Schutt in die Spree geworfen werde, wodurch die Fischer geschädigt und der Wasserlauf so verstopft würden,

1) Berlinisches Stadtbuch, herausgegeben von P. Clauswitz, Berlin 1863, S. 50.

2) a. a. O. S. 87.

3) Raumer cod. diplom. I. S. 207.

4) Fr. Nicolai: Beschreibung der Kgl. Residenzstädte Berlin und Potsdam usw. I. S. 68. Die von Nicolai genannten Häuser entsprechen den Grundstücken Poststrafse Nr. 4 und 5.

5) Schriften des Vereins für die Geschichte der Stadt Berlin. Heft IV 1870. Die Chronik, als deren Verfasser der 1711 in Berlin verstorbene Conrector des Joachimsthalschen Gymnasiums Ferdinand Pusthius gilt, wurde im Jahre 1699 abgeschlossen.

6) Fidicin: Historisch-diplomatische Beiträge zur Geschichte der Stadt Berlin. Band IV S. 431.

7) Küster: Altes und Neues Berlin III. S. 32 ff.

8) Chronik des Pusthius.

9) Akten im Geh. Staats-Archiv Rep. 21—24^{a} Berlin u. Köln.

dafs die Hamburger Schiffer kaum anlanden könnten. Aehnliche Verordnungen mufsten in den Jahren 1651, 1679 und 1680 wiederholt werden. Ueber die Hamburger Schiffer beschwert sich der Rath von Berlin in einer Eingabe (1652), indem er angiebt: dieselben hätten früher an der Hundebrücke im Werder (jetzt Schlofsbrücke) angelegt, hielten nunmehr aber an der Langen Brücke, infolge dessen deren Holzwerk arg beschädigt würde und fortwährend Ausbesserungen erforderte. Der Wechsel der Ladestelle hing offenbar zusammen mit der Regulirung der vielen, ehemals den Werder und den Lustgarten durchziehenden Wasserläufe. Diese wurden um jene Zeit in einen gröfseren Abflufscanal, den heutigen Kupfergraben, gesammelt, den bereits der 1652 im Druck erschienene älteste Stadtplan von der Hand des Joh. Gregor Memhardt verzeichnet. Als dann später auf dem Werder der sogenannte Packhof — an der Stelle der Schinkelschen Bauakademie — angelegt wurde, zog sich der Schiffsverkehr dahin zurück. Ihm dankt das angrenzende winklige Viertel mit der Niederlagstrafse und der einst übel berüchtigten Werderschen Rosengasse seine Entstehung.

Die infolge des Treibens der Hamburger erfolgte Wiederherstellung der Brücke, im Februar 1652, war von geringem Bestand, denn schon acht Jahre später (31. October 1660) und nochmals ein Jahr darauf (25. April 1661) ergingen sehr nachdrückliche Aufforderungen des grofsen Kurfürsten an den Rath: die Lange Brücke, welche erst ein Jahr vorher ausgebessert, aber wiederum baufällig geworden sei, neu zu erbauen. Das gleiche erwies sich in den Jahren 1678 und 1679 wiederum als nothwendig. Es sollten ein neuer Bohlenbelag aufgebracht, die abgebrochenen Wappen und Tafeln erneuert, Pfeiler und Geländer aufs neue mit Oelfarbe gestrichen werden.[1]) Die geschilderten Vorgänge geben lehrreiche Belege dafür, in welchem Mafse die kurfürstliche Fürsorge für die öffentlichen Angelegenheiten der Residenz gegen die Lässigkeit und den Unverstand, theilweise freilich auch das Unvermögen der damaligen Stadtverwaltung anzukämpfen hatte, und welcher Entschiedenheit und Beharrlichkeit es bedurfte, der Ordnung zu ihrem Rechte zu verhelfen.

Von dem Aussehen der Brücke gegen Ende des 17. Jahrhunderts (1690) giebt uns eine Aquarelle des Malers Johann Stridbeck[2]), dessen malerische Aufnahmen aus dem damaligen Berlin die königliche Bibliothek bewahrt, eine Vorstellung. Die Ansicht, von der heutigen Burgstrafse aufgenommen, mit dem Schlofs und Schlofsplatze im Hintergrunde, zeigt eine einfache Bockbrücke von 13 Jochen. Ihren einzigen Schmuck bildete das Geländer mit seinen gedrungenen viereckigen Pfosten, an deren Vorderseiten die Wappen der einzelnen Gebietstheile des Brandenburgisch-Preufsischen Staates angebracht waren. So sehen wir das Geländer auf der Ansicht (Abb. 3) nach einem Oelbilde im Hohenzollern-Museum, welches die Copie eines im Schlosse zu Tamsel aufbewahrten Originals ist und ein verläfsliches Bild des Berliner Schlosses und seiner Umgebung aus den letzten Regierungsjahren des grofsen Kurfürsten bietet. Das Flufsufer von der Brücke bis zum Schlosse wird durch eine kräftige Kaimauer eingefafst. Dicht neben der Brücke führt eine Rampe zum Wasser hinab und das figürliche Beiwerk jenes Bildes läfst keinen Zweifel, dafs daselbst eine Pferdeschwemme angelegt war. Noch schmuckloser waren die Ufer auf der Berlinischen Seite. Nördlich von der Brücke führte wenigstens ein Gang — die heutige Burgstrafse — am Wasser längs der Garten- und Hofmauern der Hintergebäude der Heiligen Geiststrafse hin; südlich von der Brücke jedoch fehlte ein solcher, die Hintergrundstücke der Häuser an der Poststrafse reichten bis zum Wasser. Dicht neben der Brücke lag das dem Bürgermeister Schardius gehörige Haus mit seinem vorspringenden ummauerten Hofraume (vgl. die Ansicht bei Stridbeck). Erst die Palastfront des 1701 von Schlüter an jener Stelle erbauten und vor wenigen Jahren abgebrochenen Postgebäudes[3]) leitete die Bebauung und Fortführung der Burgstrafse auch nach dieser Seite hin ein.

Grofses und Bleibendes war unter der Regierung des Kurfürsten Friedrich Wilhelm auch für die Stadt Berlin geschehen, eine wirklich monumentale Baukunst aber ins Leben zu rufen, welche die Residenz auch in ihrem Aeufsern zum Range einer europäischen Hauptstadt emporheben sollte, blieb erst seinem Sohne vorbehalten. Mit vollem Nachdruck nun hat die neue Bauthätigkeit zunächst am alten Schlosse und seiner Umgebung eingesetzt, ja die Umgestaltung der Langen Brücke zu einem Steinbau eröffnet geradezu die Reihe der grofsartigen vom Kurfürsten Friedrich begonnenen Neubauten, und wie sie die älteste Steinbrücke Berlins gewesen ist, so ist sie trotz aller ihr widerfahrenen Unbilden bis heutigen Tages auch die schönste geblieben. Als ihren Erbauer bezeichnet Marperger in seinem Anhange zur Uebersetzung von Félibiens Leben berühmter Baumeister (1711), ebenso Gercke in seiner handschriftlichen Beschreibung Berlins[4]) den Johann Arnold Nering. Nering genofs das besondere Vertrauen des Kurfürsten Friedrich und hatte, noch ehe er zum Oberbau-Director ernannt worden war (19. April 1691) die Leitung fast aller öffentlichen Bauangelegenheiten in den Händen. Ihm soll bei der Ausführung der Ingenieur Cayart — einer der wegen ihres Glaubens flüchtigen und nach Berlin gewanderten französischen Protestanten — zur Seite gestanden haben, während die Mauer- und Steinmetzarbeiten in den Händen des in der Berliner Baugeschichte jener Zeit oft genannten Hof-Maurermeisters Leonhard Braun lagen. Obwohl bereits im August 1691, wie es in der Wendlandschen Chronik Berliner Ereignisse heifst, neben der langen Brücke auf Interim eine andere gemacht war, scheinen die Arbeiten für den Neubau erst im Frühjahr 1692 begonnen zu sein, wenigstens fand die feierliche Grundsteinlegung nicht früher als am Sonntage nach Michaelis jenes Jahres statt. Bei diesem Anlafs wurde wie gewöhnlich und wie auf alle Berliner Neubauten jener Zeit eine Denkmünze geprägt, die, von der Meisterhand des Stempelschneiders R. Faltz gestochen, ein urkundliches Abbild von dem Entwurf giebt. Dieses zeigt in sauberster Ausführung eine Ansicht der Brücke von Süden her, mit dem Reiterdenkmale

1) a. a. O. Rep. 21. 23^b Berlin 1653—1676 und 24^b. Berlin u. Kölln coniunctim 1660—1688.

2) Berlin anno 1690. Zwanzig Ansichten aus Joh. Stridbeck's des Jüngeren Skizzenbuch. Herausgegeb. u. erläutert von Dr. Wilh. Erman. Berlin 1881.

3) Die Alte Post in Berlin, im Jahrg. XXXX. (1890) dieser Zeitschrift S. 418 ff.

4) Gercke: Beschreibung der weltberühmten Königl. Preufs. u. Kurf. Brandenb. Haupt- u. Residenz-Stadt Berlin. (1717.) Die Handschrift befindet sich in der Rathhaus-Bibliothek.

in der Mitte und ist für uns noch deswegen besonders wichtig, weil sie — der Kleinheit des Mafsstabes wegen freilich nur in Andeutungen — Einzelheiten enthält, die dem heutigen Monument schon seit mehr als zwei Menschenaltern fehlen. Es ist dieses der gleich näher zu erwähnende bildwerkliche Schmuck an den Köpfen und Ecken der Brückenpfeiler, sowie an den Pfosten des Brustgeländers. Die Vollendung dieser Arbeiten liefs freilich geraume Zeit auf sich warten. Der Rohbau jedoch war bis zum 5. November 1694 soweit hergestellt, dafs die Brücke bei der Einholung der Braut des Kurfürsten Max Emanuel von Bayern, einer Tochter des Königs Johann III. von Polen, befahrbar war. In demselben Jahre erfolgte die Berufung desjenigen Mannes nach Berlin, der den gesamten Unternehmungen dieses glänzendsten Zeitabschnittes der Berliner Kunst das Gepräge verliehen hat, Andreas Schlüters. Seine Mitwirkung am Bau der Langen Brücke bezieht sich somit nicht mehr auf den Entwurf, denn dieser war, wie die Faltzsche Medaille beweist, bereits 1692 in allen wesentlichen Punkten bestimmt, sondern zunächst auf die Ausführung der Reiterstatue. War doch Schlüter nach dem Wortlaut der Bestallungsurkunde, vom 25. Juli 1694, nur als Bildhauer und Lehrer „an der anzurichtenden Akademie von Bildhauern“ nach Berlin berufen. Das Programm für seine grofse Aufgabe lag somit bereits vor. Dafs aber die Ausgestaltung der Reiterfigur, wenn auch ihr Standplatz und allgemeine Anordnung gegeben waren, als Schlüters eigenes Werk anzusehen bleibt, ist nicht zu bezweifeln, sie kann indessen erst einige Jahre nach der Herstellung der Brücke erfolgt sein, denn noch die Ansicht des Bauwerks im ersten Bande von Lorenz Begers Prachtwerk über die kurfürstliche Antiken-Sammlung, dem Thesaurus Brandenburgicus, vom Jahre 1696, zeigt eine von der Ausführung vollkommen abweichende Reiterfigur, ja im zugehörigen Texte (S. 169) ist sogar von einem Reiterbilde Friedrichs III. die Rede, sodafs es den Anschein gewinnt, als ob man damals noch nicht über die darzustellende Persönlichkeit schlüssig war. Thatsache ist ferner, dafs das Schlütersche Modell zur Reiterfigur frühestens 1698 fertig wurde und dafs der Gufs desselben durch Johann Jacobi erst im October 1700 begann. In den Anmerkungen zu Beckmanns[1]) handschriftlicher Beschreibung von Berlin erwähnt ein Augenzeuge jener Ereignisse, der greise Zeugcapitain Berger, dafs vor Vollendung des Gusses ein Gipsmodell des Reiterbildes seinen Platz auf der Brücke eingenommen habe. Erst drei Jahre später, am Geburtstage des Königs, am 11. Juli 1703, fand unter feierlichem Gepränge die Enthüllung des Reiterbildes statt, doch wurde damals eben nur die Reitergestalt selbst fertig, die Sockelfiguren der Sklaven waren noch nicht begonnen. Da die Geschichte der Herstellung und Vollendung des Denkmals auf Grund von Urkunden und Rechnungsbelegen an dieser Stelle erst vor Jahresfrist eine ausführliche Darlegung[2]) erfahren hat, mag für jetzt nur eine kurze Angabe der wichtigsten Daten genügen. Wie aus seinem eigenen Berichte[3]) hervorgeht, arbeitete Schlüter noch 1706, im Jahre der Münzthurmkatastrophe, an den Sklaven, und im März 1708 ist der Giefser Johann Jacobi mit dem Gufs derselben beschäftigt, auch waren die Sockelreliefs nach Zeichnungen des Malers Wentzel noch nicht versetzt. Bis zur Vollendung aller dieser Arbeiten hatte auch der Sockel des Reiterdenkmals eine andere, einfachere Form als jetzt. Schmale Voluten von geringer Ausladung, noch jetzt wohlerhalten, bildeten die Ecken, und deutlich erkennt man, wie die späteren Eckvoluten mit ihrem kräftigen Blattwerk ohne einzubinden vor die älteren vorgesetzt sind. Der Kern des in seiner Grundform ovalen Sockels besteht aus Sandstein, die Verkleidung sowie die Kunstformen aus Marmor. Erst im Jahre 1710 erscheinen sämtliche Arbeiten und das Denkmal so, wie wir es jetzt vor Augen haben, als beendet. Ueber das herrliche Werk selbst an dieser Stelle zu handeln, ist nicht unsre Aufgabe. Längst schon behauptet es unbestritten den ersten Platz unter den Monumenten unsrer denkmalreichen Stadt und es war Ehrensache, bei dem Entwurfe der städtischen Behörden für die bevorstehende Umgestaltung der Brücke ihm eine seinem alten Standorte möglichst entsprechende Aufstellung zu sichern. Dem Denkmal verdankt überdies das Bauwerk seine in neuerer Zeit vorzugsweise gebräuchliche und ihm hoffentlich auch verbleibende Benennung: die Kurfürstenbrücke.

Abb. 3. Die Lange Brücke und das kurfürstliche Schlofs zu Kölln a. d. Spree um 1685. (Aus „Berlin und seine Bauten“ 1877.)

1) Das dreibändige, etwa um 1760 vollendete Manuscript befindet sich in der Rathhaus-Bibliothek.

2) P. Seidel, Das Standbild des Grofsen Kurfürsten von Andreas Schlüter, im Jahrg. XLIII. (1893) dieser Zeitschrift, S. 55 ff.

3) F. Adler, Aus Andreas Schlüters Leben. Ztschrft. f. Bauwesen, Jahrg. XIII (1863), S. 17.

Wie bereits oben angedeutet ist, war das Reiterdenkmal nicht das einzige Bildwerk auf der Langen Brücke; die ältesten Abbildungen auf der Faltzschen Medaille sowie auf der von Samuel Blesendorf gestochenen Kopfleiste im ersten Bande (S. 169) von Lorenz Begers Thesaurus Brandenburgicus (1696) verzeichnen auf den steinernen Brustgeländern eine Reihe von Standbildern, ja der gelehrte Bibliothekar unterläfst nicht, in dem zugehörigen Texte die einzelnen Figuren, welche Gottheiten darstellten, umständlich mit allen ihren Attributen aufzuführen. Ob sie indessen allesamt ausgeführt wurden, mufs dahin gestellt bleiben. Zwar heifst es in dem Reiseberichte eines Alessandro Bicchi[1]) aus Siena, vom Jahre 1696, über Berlin und Kölln: „beide verbindet eine schöne neue Steinbrücke, die mit schönen Marmorstatuen geschmückt ist, die augenblicklich noch nicht alle aufgestellt sind“, allein bereits Gerckes oben erwähnte handschriftliche Beschreibung Berlins erwähnt dieser Standbilder nicht, sondern besagt nur: „auf beiden Seiten hat sie (die Brücke) ein starkes Geländer gleichfalls von Quadersteinen verfertiget und dergestalt gebaut, dafs auf deren Postamenten Statuen, Laternen und andere Zierrathe stehen können“. Nicolai endlich schreibt nur von Laternen auf den Geländerpfosten.

Einen weit wesentlicheren Bestandtheil jedoch der ursprünglichen Composition, ohne den das Bild von der Gestaltung des Brückenkörpers als unvollständig anzusehen ist, müssen die Bildwerke an den Bogenpfeilern und Widerlagern abgegeben haben. Sie werden von Küster und Nicolai freilich sehr kurz beschrieben als liegende Figuren von Seegöttern und Najaden. Etwas weitere Aufschlüsse, vornehmlich über Zahl und Anordnung dieser Figuren, haben sich aus den leider nicht vollständigen, überdies durch keine zeichnerische Beigabe veranschaulichten Verhandlungen über ihre Wiederherstellung in den Jahren 1818—1820 ergeben und finden sich in den Acten der Kgl. Ministerial-Bau-Commission.[2]) Es geht aus ihnen hervor, dafs jedesmal auf den dreieckigen vorspringenden Köpfen der Mittelpfeiler, unterhalb der noch erhaltenen barocken Zierschilder, gelagerte Figuren von ansehnlicher Gröfse angebracht waren, mithin je vier auf jeder Langseite; hierzu traten in den Winkeln mit den Widerlagern auf beiden Seiten je zwei, aufserdem an der Südseite, in den Winkeln der Brücke mit dem Ausbau für das Kurfürsten-Reiterbild, abermals zwei Eckfiguren. Mithin waren im Ganzen 14 Figuren vorhanden, von denen die auf den freien Pfeilern ziemlich in voller Körperlichkeit ausgearbeitet waren, während die Eckfiguren in den einspringenden Winkeln auf dem schmalen Raume über den dreieckigen Kämpferplatten sich der Reliefform genähert haben werden. Wie wesentlich ein solcher Bildwerkschmuck, den keine Zeit mit mehr Geschick anzubringen verstanden hat als eben jene, zu der Gesamtwirkung beigetragen haben mufs, vermag man bei Betrachtung der jetzt leeren Pfeilerhäupter nur zu ahnen. In der That verlangt das Auge hier unbedingt einen Uebergang zu den Flächen der Brückenwangen und ein Gegengewicht gegen die derbe Rundung der mächtigen Cartouchen in den Bogenzwickeln. In den Berichten werden die Figuren gleichfalls als Flufsgötter, Göttinnen und Tritonen bezeichnet, die als Arbeiten von Schlüters Hand galten. Wenngleich es nicht ausgeschlossen ist, dafs sie nach des Meisters Entwürfen und unter seiner Leitung entstanden sind, so nennt sie doch Marperger ausdrücklich als Arbeiten des Bildhauers Wehmeyer. Dieser aber ist zweifellos kein anderer als der Königliche Hofbildhauer Georg Gottfried Weyhenmeyer, der 1666 zu Ulm geboren, nachmals in Berlin am Zeughause und Kgl. Schlosse viel beschäftigt, 1715 gestorben und in der Sophienkirche begraben ist.

1) Grenzboten 1891. Berlin und sein Hof im Jahre 1696.

2) Acten der Kgl. Ministerial-Bau-Commission Tit. II A. ad. 10.

Das 18. Jahrhundert war im Allgemeinen keine Zeit der Erhaltung und Herstellung von Baudenkmälern und so verfiel auch die Lange Brücke, wenigstens in ihren Schmucktheilen, derart, dafs Nicolai in seiner Ausgabe von 1786 bei Beschreibung der Brücke die eben erwähnten Bildwerke als meist ruinirt bezeichnete. Von einer Herstellung, die sich indessen nur auf die nothwendigsten Mafsnahmen zur Erhaltung des Brückenkörpers bezog, berichtet König[3]) aus dem Jahre 1766. Drohte doch damals bereits der Einsturz einzelner Theile, sodafs das Ministerium wegen Bewilligung von Geldern für die Wiederherstellung beim Könige vorstellig wurde. Trotz ablehnenden Bescheids war die Arbeit, weil mittlerweile Gefahr im Verzuge drohte, nicht auszusetzen und der König wurde von neuem um Ermächtigung zur Beschaffung von Mitteln angegangen. Auch da noch schrieb der Monarch, der auf äufserste Sparsamkeit sah, eigenhändig und in der ihm eigenen Rechtschreibung an den Rand der Eingabe: „gut aber ich habe die bruque passiret und habe nichts als das gelender gesehen, was Schathaft wahr, es ist ja von Stein und massiv gebaut“. Erst als man ihm weitere Aufklärung über die Dringlichkeit der Sache gegeben hatte, entschlofs er sich, 2000 Thlr. für den gedachten Zweck anzuweisen.

So war das Bauwerk, wenn auch beschädigt, doch im ganzen in seiner geschichtlichen Gestalt in unser Jahrhundert gekommen. Der Verfall freilich war langsam vorgeschritten und machte eine gründliche Erneuerung in gröfserem Umfange zur Nothwendigkeit. Man ging aber weiter, indem man nicht blofs wiederherstellte, sondern auch den Bestand des Bauwerks antastete, sodafs es seitdem nur in verstümmelter Gestalt uns erhalten geblieben ist. Die Grundzüge der Wiederherstellung sind in der Cabinets-Ordre vom 6. März 1816 enthalten.[4]) Sie bezweckte neben der Instandsetzung des schadhaft gewordenen Quaderwerks vornehmlich die Erneuerung und gleichzeitig die Erweiterung der Fufsgängersteige, indem man das schwere steinerne Brustgeländer entfernte und es durch ein dürftiges gufseisernes Gitter ersetzte. Nachdem im Juni 1817 eine Laufbrücke längs der Nordseite angelegt und einige Krambuden an der Burgstrafse und dem Schlofsplatze beseitig worden waren, begannen die Arbeiten und wurden unter Leitung des Oberbauraths Moser so fortgeführt, dafs die Brücke im November desselben Jahres wieder befahrbar war. Schwierigkeiten bereitete namentlich die Beschaffung der Granitplatten aus Oderberg, da seit dem Unglücksjahre von 1806 die Bearbeitung von

3) A. B. König, Versuch einer historischen Schilderung . . . . der Stadt Berlin. 5. Theil I., S. 280.

4) Hierfür und für die folgenden Vorgänge ergaben die Acten der Kgl. Ministerial-Bau-Commission (Tit. II, A. 10) die Unterlage.

Granit zu Bauzwecken fast ganz aufgehört hatte. Das Gitter, dessen Modelle nach einer Zeichnung von Schinkel gefertigt waren,[1]) wurde in der Königlichen Eisengiefserei gegossen. Für das Baujahr 1819 blieb dann noch die Erneuerung der durch Verwitterung schadhaft gewordenen Aufsenflächen und vor allem der Sandsteinfiguren auf den Pfeilern, die den Behörden die meiste Sorge bereiteten. Ein der Kgl. Regierung am 16. August 1818 eingereichter, von Schinkel geprüfter Anschlag berechnet die Kosten für die Wiederherstellung der Figuren auf 6160 Thlr. und macht über den Befund folgende Angabe: „Die Figuren sind von Sandstein in colossaler Gröfse gearbeitet. Auf der Seite nach dem Schlosse zu sind 6 Figuren vorhanden, von welchen 3 so beschädigt sind, dafs sie nicht wieder hergestellt werden können. Nach den Mühlen zu waren früher 8 Figuren, davon fehlen zwei ganz und von den noch vorhandenen 6 müssen 4 neu und 2 restaurirt werden.“ Angesichts dieses wenig erfreulichen Sachverhalts hatte Gottfried Schadow vorgeschlagen, von einer Erneuerung der Figuren überhaupt abzusehen und sie als „unnütz“ gänzlich zu beseitigen. Gegen eine solche Auffassung nun aber erhob die um ihr Gutachten befragte Kgl. Ober-Bau-Deputation in einem ausführlichen, an dritter Stelle von Schinkel unterzeichneten Denkschreiben, vom 25. Juni 1818, ihre Stimme, indem sie mit gröfster Entschiedenheit für eine Wiederherstellung der Bildwerke eintrat. Dieses Gutachten erscheint namentlich nach Form und Ton so bemerkenswerth, dafs es hierselbst mit Weglassung der Eingangsworte mitgetheilt werde: „wir bemerken nur,



Abb. 4. Ansicht der Langen Brücke nach einem Stiche aus dem Jahre 1793.

dafs die Aeufserungen des Directors Schadow, welche die Regierung billiget (!) ‚diese Figuren seien unnütz‘ uns höchst unangemessen scheint; wenn Schlüter dieselben für den Charakter des Bauwerks nothwendig erachtete und dieser Gedanke eines grofsen Künstlers den Beifall des damaligen Landesherrn hatte, so mufs dies für alle Zeiten als recht stehen bleiben und sind wir keineswegs durch eine etwa höhere Bildungsstufe, auf der wir uns in der Kunst befänden, berufen, Monumente dieser Art zu zerstören. Auch ist bei einem solchen Princip keine Grenze zu finden, und ebensogut können wir, wenn es uns gefällig wäre, das ganze Zeughaus[2]) seines Schmuckes berauben. Nach unserer Ansicht müssen diese Figuren erhalten werden, und wenn man sie jetzt nicht neu machen kann, so lasse man sie wenigstens als Ruinen an der Brücke, damit sie künftige Zeiten an ihre Herstellung erinnern können. Die schon fehlenden Figuren befinden sich auf dem Bauhofe und müssen ebenfalls wieder auf ihren Platz gebracht werden.“

Noch heute klingt in jenen Sätzen das Gefühl der Erregung durch, das dem Verfasser die Feder geführt hat. Wir vernehmen Schinkels Worte darin, denn es ist derselbe Geist vorurtheilsloser Würdigung, dasselbe freie, von Lehrmeinungen unberührte Verständnifs für jene ihm doch nach

1) Seidel, Die schönen Künste zu Berlin. II. Berliner Architektur S. 127.

2) Dieses Beispiel ist höchst treffend, denn gerade auf dem in dieser Art vielleicht einzigen Zusammenwirken von Architektur und Plastik beruht vornehmlich die klassische Bedeutung jenes Bauwerks. In der Vereinigung aber und Verschmelzung beider Künste zu gemeinsamen Wirkungen liegt eben die Stärke der Barockkunst, und es ist nicht zu bezweifeln, dafs die verschwundenen Bildwerke für die Gesamterscheinung der Brücke von beabsichtigter und darum sehr wesentlicher Bedeutung gewesen sind. Umsomehr ist es zu bedauern, dafs keine Reste mehr davon erhalten sind, welche etwa noch auf die bevorstehende Neugestaltung des Bauwerks hätten von Einflufs sein können.

Form und Inhalt so fern stehende Kunst, ja es sind ähnliche Gedanken, die wir auch in zwei andern auf uns gekommenen Gutachten des Meisters, über die Erhaltung der alten Bildwerke auf der Attika des Königlichen Schlosses und der Façade des alten Schlüterschen Postgebäudes, an der Langen Brücke, wiederfinden.[1])

Die Folge des angeführten Gutachtens war zunächst die, dafs man die Figuren zum Zweck ihrer Wiederherstellung sämtlich von der Brücke herabnahm und sich mit Rauch wegen ihrer Ergänzung in Verbindung setzte. Doch kam trotz wiederholter Anregung durch die Kgl. Regierung die Angelegenheit nicht recht vom Flecke, da der vielbeschäftigte, zeitweise leidende Künstler die ihm vielleicht nicht besonders genehmen Arbeiten verschob. Schliefslich war es mit ihm, im April 1819, zu einer Verhandlung gekommen, welche — einem Berichte des Bauraths Schlätzer zufolge — die Sache auf eine ganz andere Grundlage stellte. Man hatte sich nämlich in der Verlegenheit auf den Ausweg geeinigt, da von den 14 einst vorhandenen Figuren nur sechs noch wiederherstellungsfähig wären, zwei fehlten (!) und „die sechs in den Winkeln liegenden Statuen von keiner besonderen Wirkung wären, indem solche auf den geringen dreieckigen Raum beschränkt sehr gedrängt erschienen“, diese Eckfiguren ganz fortzulassen. Es wären dann „die vorhandenen reparaturbedürftigen sechs Statuen so zu placiren, dafs vier Stück an den freien Pfeilern auf der Schlofs-Seite und zwei Stück an den freien Pfeilern zwischen dem Vorbau und den Enden der Brücke auf der Seite nach den Mühlen zu liegen kommen“.[2]) Für die Pfeiler des Vorbaues mit dem Reiterdenkmal wollte schliefslich Rauch zwei ganz neue und zwar stehende Figuren von 7 Fufs Höhe fertigen, mit Rücksicht darauf, dafs jene Pfeiler wegen des Fehlens der grofsen Zierschilder, welche die Bogenzwickel der übrigen ausfüllten, im Vergleich dazu leer erscheinen würden. Der den Verhandlungen angeschlossene Kostenüberschlag belief sich, alle Arbeiten eingerechnet, auf 2613 Thlr. Trotz dieser gegenüber dem ersten Anschlage von 6160 Thlr. so bedeutenden Herabminderung der Kosten blieb die Angelegenheit unerledigt, ja sie wurde durch eine Verfügung vom 28. Oktober 1820 ausdrücklich zurückgestellt; der Randvermerk derselben enthält nur noch die Bestimmung, dafs die Acten zum 1. Juni des folgenden Jahres (1821) wieder vorgelegt werden sollten. Hiermit schliefsen die Acten und es bleibt, gleichviel welche Verhandlungen sich später daran angeschlossen haben mögen, die Thatsache bestehen, dafs die Bildwerke seitdem verschwunden sind. Dies aber ist um so bedauerlicher, als wir nunmehr nicht mehr im Stande sind, auch nur im Bilde die ursprüngliche Erscheinung des jetzt für immer beseitigten Bauwerks uns vor Augen zu führen. Denn nicht einmal Aufnahmen scheinen davon vorhanden zu sein. Es ist deshalb die in Abb. 6 beigefügte Ergänzung nur Stückwerk, indem sie statt des häfslichen gufseisernen Geländers nur wieder die ursprüngliche schwere Steinbrüstung nach Aufnahmen, welche davon im städtischen Bauamte aufbewahrt werden, an ihre Stelle setzt. Aller Nachforschungen ungeachtet hat sich bis jetzt kein Stück jener Figuren mehr nachweisen lassen und es bleibt nur die Vermuthung, dafs sie mit der Zeit verwittert und zerfallen und entweder verkauft wurden, wie vier der am meisten beschädigten bereits i. J. 1818 (s. die Anmerkung), oder als unnützes Steinmaterial bei Seite geschafft sind. Von bildlichen Darstellungen älterer Zeit läfst ein in Abb. 4 wiedergegebener Stich[3]) von der Langen Brücke mit ihrer damaligen (1793) Umgebung die Gröfse und Anordnung der Figuren allenfalls errathen. So wird auf dem vorderen Pfeiler eine auf eine Urne gelehnte Figur in halb liegender, halb sitzender Stellung sichtbar. Auf der Faltzschen Medaille, welche die Nordseite der Brücke darstellt, glaubt man an den Pfeilern des Vorbaues mit dem Reiterstandbilde links einen Triton, rechts eine gelagerte weibliche Figur zu erkennen. Genauere Einzelheiten lassen sich bei der Kleinheit jener Abbildungen nicht ermitteln.

Bei der Wiederherstellung von 1818 war, wie wir gesehen haben, mit Ausnahme der Beseitigung des steinernen Brustgeländers und der daraus sich ergebenden Verbreiterung der Fufsgängersteige am Querprofil des Brückenkörpers nichts geändert worden. Noch in demselben Jahre bot übrigens die Pflasterung der Fahrbahn wiederum zu Klagen Anlafs, und es wurde infolge dessen der Damm von neuem, und zwar zum ersten Male mit behauenen Steinen, nach Lütticher Art, wie es hiefs, belegt. Die Mafse betrugen 19 Fufs (5,96 m) für die Fahrbahn und je 9 Fufs für die um eine Stufe höher liegenden Fufsgängerwege. Diese Abmessungen konnten dem von Jahr zu Jahr anwachsenden Verkehre nicht genügen, und so sah sich das Königliche Polizei-Präsidium veranlafst, auf eine Verbreiterung der Brücke zu dringen, mit der Mafsgabe, dafs für die Fahrbahn eine Breite von 24 Fufs, gleich der der Königsstrafse bei ihrer Einmündung in die Brücke, beschafft würde. Ein im Ministerium der öffentlichen Arbeiten entstandener Entwurf, welcher die Entlastung der Brücke durch Ablenkung des Fufsgängerverkehrs auf eine rd. 20 m flufsabwärts zu errichtende Laufbrücke plante, wurde zu den Acten gelegt. Da aber das Polizei-Präsidium wiederholt die Dringlichkeit einer Erweiterung betonte, kam ein in der Ministerial-Bau-Commission vom Baurath Schrobitz bearbeiteter Entwurf zur Vorlage und fand am 6. März 1865 die Genehmigung des Ministers. Hiernach beabsichtigte man durch Hinausschieben der Fufsweg-Platten über das Hauptgesims und durch Versetzen des gufseisernen Geländers an die Aufsenkanten dieser Platten, wobei gleichzeitig die viereckigen Pfosten für die Laternen beseitigt werden sollten, in der Mitte die vom Polizei-Präsidium verlangte Fahrbreite von 24 Fufs = 7,53 m zu gewinnen, ohne die Breite der Fufsgängersteige einzuschränken. Nachdem am 1. Januar 1867 die Genehmigung zur Ausführung des Entwurfs ertheilt worden war, welcher, obwohl er dem Verkehrsbedürfnisse auf die Dauer nicht genügen konnte, doch zunächst den Vorzug

1) v. Wolzogen, Schinkels Nachlafs III, S. 163 u. Ztschr. f. Bauwesen Jahrg. XXXX (1890), S. 425.

2) Bericht des Bauraths Schlätzer über die Verhandlung mit Rauch vom 28. April 1819, worin angeführt wird, dafs sich zu den darin niedergelegten Vorschlägen auch Schinkel zustimmend geäufsert hätte. Es heifst ferner darin, dafs von den 14 Stück Figuren auf dem Bauhofe sechs Stück als der Wiederherstellung fähig, vier Stück aber ganz untauglich und vier Stück als untauglich verkauft (!) vorgefunden wären.

3) Das Blatt von P. Haas, nach einer Zeichnung von F. Calau gestochen, findet sich in dem Werkcken: Berlin, oder Darstellung der interessantesten Gegenstände dieser Residenz, von Sotzmann, Berlin 1793.

besafs, den vorhandenen Zustand möglichst wenig anzutasten, begannen die Arbeiten mit Errichtung einer Nothbrücke und wurden im Sommer desselben Jahres beendigt. Gleichzeitig erfuhren drei der grofsen Zierschilder oder Cartouchen in den Bogenzwickeln, und zwar die zwei an der Südseite und einer an der Nordseite, eine Erneuerung durch den Bildhauer Professor Bläser.

In dem durch diese Wiederherstellung geschaffenen Zustande ist die Brücke bis zum gegenwärtigen Zeitpunkte verblieben, wo, fast genau 200 Jahre nach ihrer Vollendung, die Arbeiten für ihren Abbruch und gänzliche Umgestaltung beginnen. Für die beabsichtigte Erneuerung treten neben der Rücksicht auf die Verkehrsbedürfnisse, welche dringend eine abermalige Verbreiterung erheischen, vorzugsweise zwei andere Gründe als unabweislich und ausschlaggebend in den Vordergrund. Es sind dies einmal die Schiffbarmachung des bis zur Beseitigung des Mühlendammes einst völlig gesperrten eigentlichen Spreelaufes, welche eine Vertiefung des Flufsbettes und somit eine Erneuerung der älteren Brücken bis zu den Grundmauern hinab bedingt, sodann neuere, umfangreiche Pläne für eine Verbreiterung der Königstrafse [1]) und eine Umgestaltung des Schlofsplatzes. Die Erörterung dieser Umstände fällt nicht in den Bereich unserer Darstellung, welche nur die Geschichte des Bauwerks und eine Beschreibung seines bisherigen Zustandes zum Zwecke hat. Es sei hier nur noch darauf hingewiesen, dafs die Rücksicht auf den Schiffsverkehr für den nunmehr zur Ausführung bestimmten Brücken-Entwurf insofern mafsgebend geworden ist, als der Neubau statt der bisherigen fünf Bogenöffnungen deren nur drei erhalten soll und zwar je eine gröfsere Korbbogen-Oeffnung neben dem mittleren, dem alten ähnlichen, nur weit breiteren Bogenausbau für das Reiterdenkmal. Die Ausführung des Neubaues erfolgt durch die Stadt, welche durch den Vertrag betreffend die Uebernahme der fiscalischen Strafsen- und Brücken-Bau- und Unterhaltungslast seit dem 1. Januar 1876 in den Besitz sämtlicher Brücken gelangt ist.

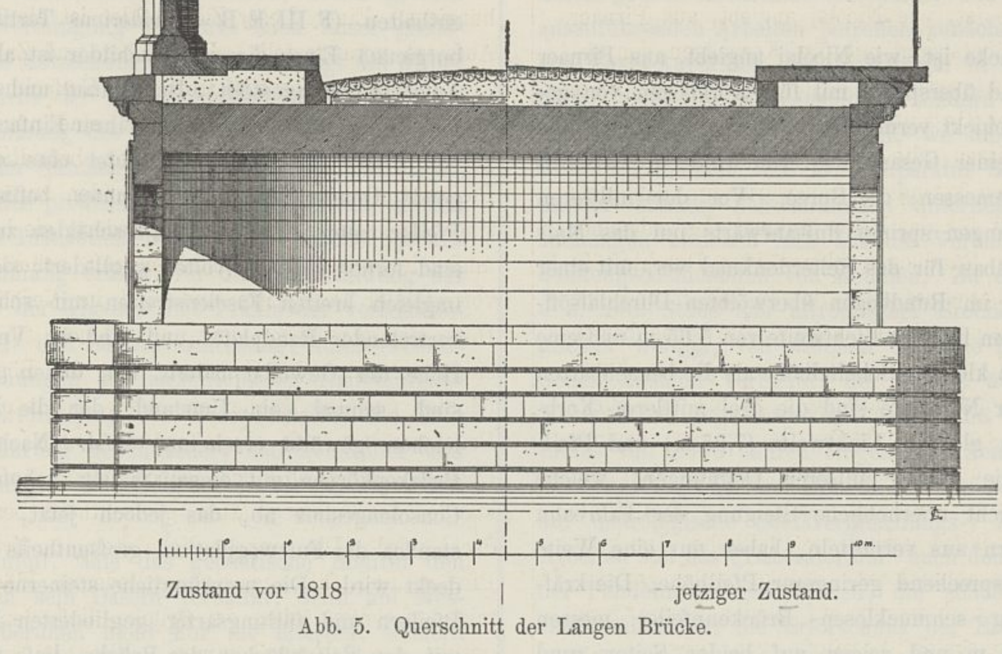
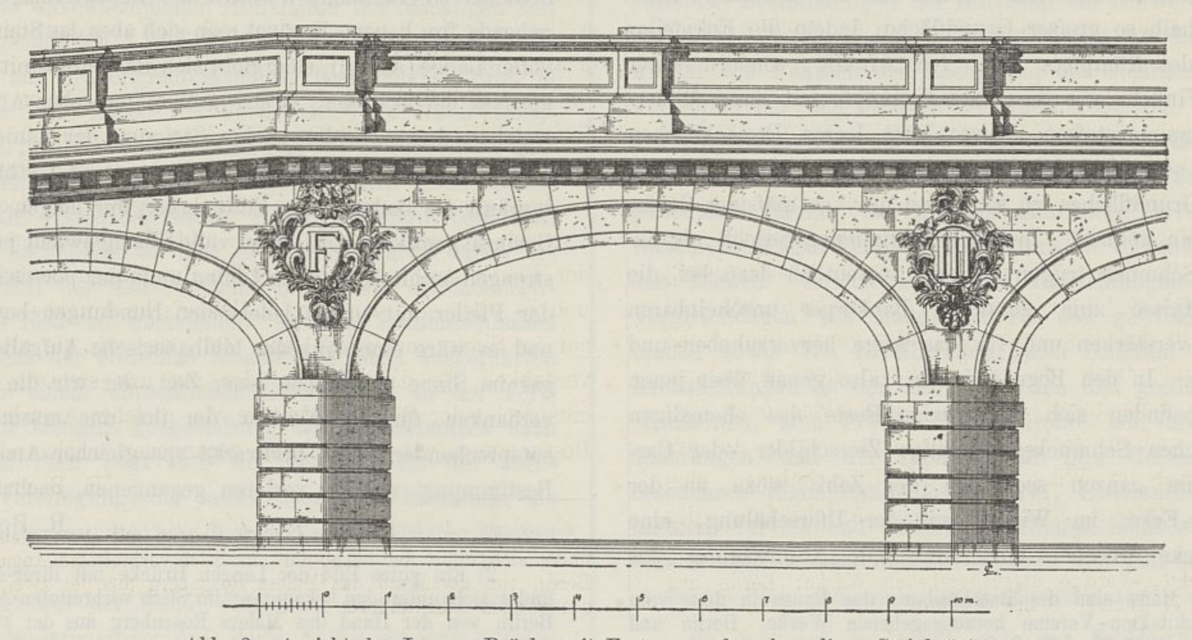


Abb. 5. Querschnitt der Langen Brücke.


Abb. 6. Ansicht der Langen Brücke mit Ergänzung der ehemaligen Steinbrüstung.

Die auf Tafel 41 im Stich dargestellte Ansicht der dem Schlosse zugekehrten Nordseite der Brücke, welcher eine sorgfältige, mittels des Meydenbauerschen Verfahrens hergestellte Mefsbildaufnahme zu Grunde liegt, giebt nebst dem zugehörigen Grundrisse den Zustand des Bauwerks kurz vor dem Abbruch wieder. Ihm entspricht die rechte Hälfte des Querschnittes der Abb. 5, während die linke Hälfte den Zustand vor der Wiederherstellung im Jahre 1818 und damit zugleich die Unterschiede in den Breitenmaafsen der Fahr-

1) Die für die Wahl der Baufluchtlinien bestimmenden Gesichtspunkte sind klar und ausführlich behandelt in einem Aufsatze im Centralblatte der Bauverwaltung Jahrg. 1894. S. 122 ff.

bahn und der Bürgersteige, damals und jetzt, veranschaulicht. Die wohlgelungene Licht-Kupferätzung auf Tafel 42 endlich stellt die Ansicht der Südseite dar, von einem Standpunkte auf dem kleinen Altan an der Wasserfront des Königlichen Marstallgebäudes. Sie ist nach einer Lichtbildaufnahme von Meydenbauer durch die Reichsdruckerei hergestellt.

Die Lange Brücke ist, wie Nicolai angiebt, aus Pirnaer Sandstein erbaut und überspannt mit fünf Korbbögen von gefälliger, überaus geschickt vermittelter Rundung in einer Breite von $13^1/_3$ m und einer Gesamtlänge von 45,82 m zwischen den Widerlagern gemessen, die Spree. Vor der mittleren der fünf Bogenöffnungen springt flufsaufwärts um das Mafs von 8,16 m der Ausbau für das Reiterdenkmal vor, mit einer aufsen verengerten, im Rundbogen überwölbten Durchlafsöffnung. Der Rundbogen hat eine Lichtweite von 5,65 m und eine nur um ein geringes kleinere Scheitelhöhe als die benachbarten Korbbögen. An der Nordseite sind die drei mittleren Korbbogenöffnungen von gleicher Lichtweite (7,95 m) und Pfeilhöhe (2,82 m). Die beiden äufseren Oeffnungen, welche gleichzeitig eine nicht unerhebliche Steigung der Fahrbahn von den Widerlagern aus vermitteln, haben nur eine Weite von 5,96 m bei entsprechend geringerer Pfeilhöhe. Die kräftigen, unten völlig schmucklosen Brückenpfeiler messen in der Breite 2,04 m und zeigen auf beiden Seiten rund 1,0 m vortretende dreieckige Vorköpfe von etwa 1 qm Oberfläche. Ihnen entsprechen an beiden Enden sowie in den Winkeln mit dem Vorbau für das Denkmal Dreiecke von halb so grofser Grundfläche, indem die Eckpfeiler unterhalb des Kämpfers nicht rechtwinklig, sondern unter gleichen Winkeln wie die freien Vorköpfe mit ihren Widerlagern zusammenstofsen. Diese jetzt leeren Dreieckflächen trugen die seit 1819 beseitigten gelagerten Figuren, welche nach den Grundflächen zu schliefsen nur von mäfsiger Gröfse gewesen sein können. In ihrer Bestimmung jedoch als bekrönender Schmuck trugen sie sehr wesentlich dazu bei, die im Verhältnisse zum gesamten Baukörper unscheinbaren Pfeiler zu verstärken und für das Auge hervorzuheben und abzurunden. In den Bogenzwickeln, also genau über jenen Figuren, befinden sich als einzige Reste des ehemaligen bildhauerischen Schmuckes mächtige Zierschilder oder Cartouchen, im ganzen sechs an der Zahl, wozu an der Nord-West-Ecke, im Winkel mit der Uferschälung, eine flotte barocke Muschel hinzutritt. Die Abschrägung des Winkels an dieser Stelle und der Anschlufs an die Köllnische Kaimauer stammt erst aus neuerer Zeit, vermuthlich aus dem Jahre 1867. Kräftige und höchst lebensvoll der Natur nachgebildete Wasserpflanzen umrahmen die Schilder, von denen die an der Nordseite aufserdem je einen Buchstaben bezw. Zahl vom Namenszuge des Kurfürsten Friedrich III. enthalten. (F. III. E. B. = Fridericus Tertius Elector Brandenburgicus.) Einer dieser Zierschilder ist als Kopfstück diesem Aufsatze vorangestellt. Buchstaben und Zahl sind vergoldet.

1) Die Mafse sind der Beschreibung des Baues in dem vom Berliner Architekten-Vereine herausgegebenen Werke: Berlin und seine Bauten (1877 Theil II. S. 36) entlehnt.

Die Bauformen sind trotz ihrer Einfachheit sehr wirkungsvoll. Das Kämpfergesims bildet eine nur wenig vorspringende Quaderplatte, die darunter befindlichen Theile der Pfeiler treten als Unterbau bescheiden zurück. Sehr einfach sind ferner die Archivolten gegliedert; sie bestehen aus zwei ungleich breiten Fascienstreifen mit schmaler, aber kräftig vortretender Randplatte und sind im Verhältnifs zur vollen Höhe der Gewölbequadern, aus denen sie herausgearbeitet sind, schmal, ein Umstand, der die Bögen kühner und leichter gewölbt erscheinen läfst. Nach oben schliefst der Brückenkörper mit einem mäfsig hohen, weit ausladenden Consolengesims ab, das jedoch jetzt, infolge des Ueberstandes der Fufswegplatten, grofsentheils beschattet und verdeckt wird. Die ursprüngliche steinerne Brüstung mit ihren Pfeilern und füllungsartig gegliederten Flächen lag bündig mit den Seitenflächen der Brücke, liefs demnach das Hauptgesims zur Geltung kommen. Wie viel günstiger es einst wirkte,[2]) vermag man jetzt nur an dem Vorbau für das Reiterdenkmal zu erkennen, woselbst die Deckgesimse noch durchgehends frei liegen. Ergänzt man sich aber das Steingeländer in voller Länge (Abb. 6), so ergiebt sich im Verein mit dem Hauptgesimse ein kräftiger, streng architektonischer Abschlufs, bei welchem indessen die leichte Steigung der Linien über den äufseren Bögen wohlthuend für Auge und Gefühl mitwirkt, insofern als dadurch die Eintönigkeit der langen wagerechten Gesimse gemildert wird. Das volle Gegengewicht jedoch zu den strengen architektonischen Linien mufs der plastische Schmuck der Pfeiler mit seinen belebenden Rundungen bewirkt haben, und es wäre eine dankbare bildhauerische Aufgabe, ganz und gar im Sinne und Geiste jener Zeit, der wir die alte Brücke verdanken, für den Neubau, der ihn uns ersetzen soll, an entsprechender Stelle Bildwerke von gleicher Anordnung und Bestimmung, wie die verloren gegangenen, nachzuschaffen.

R. Borrmann.

2) Ein gutes Bild der Langen Brücke mit ihrer Steinbrüstung findet sich unter den bekannten, im Stich verbreiteten Ansichten von Berlin von der Hand des Malers Rosenberg aus der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts.

Die Königlichen Observatorien für Astrophysik, Meteorologie und Geodäsie auf dem Telegraphenberge bei Potsdam.

Von Oberbaudirector P. Spieker in Berlin.

(Schlufs. Mit Abbildungen auf Blatt 43 bis 47 im Atlas.)

III. Das geodätische Institut.

Wenn in dem Vorwort zu unserer Besprechung der wissenschaftlichen Anstalten bei Potsdam (vgl. S. 4 des gegenwärtigen Jahrgangs dieser Zeitschrift) gesagt ist, dafs das Königliche preufsische geodätische Institut seit dem Jahre 1862 bestehe, so trifft dies insofern nicht genau zu, als die förmliche, etatsmäfsige Gründung dieser Anstalt erst in die Jahre 1868 und 69 fällt. Gleichwohl kann das Jahr 1862

sozusagen als ihr Geburtsjahr gelten, weil es zu diesem Zeitpunkt ihrem verdienstvollen ersten Vorsteher gelang, eine internationale Vereinigung, die „Mitteleuropäische Gradmessung“ ins Leben zu rufen, die sich im Laufe der nächsten Jahre schon zur „Europäischen Gradmessung“ und später zur „Internationalen Erdmessung“ erweiterte. Dieser grofsen wissenschaftlichen Vereinigung verdankt auch unser geodätisches Institut seine Entstehung, denn — so sagt die früher schon erwähnte Schrift der drei Anstaltsdirectoren hinsichtlich der Zweckbestimmung des hier besprochenen Instituts — „zur Ausführung der umfangreichen Gradmessungsarbeiten, die auf das Gebiet des preufsischen Staates entfallen, machte sich eine besondere Institution nothwendig, welche im allgemeinen die Bestimmung erhielt, für die Weiterbildung der Geodäsie, d. h. also der Theorie und Praxis der verschiedenen Zweige der Erd- und Landesvermessung, durch wissenschaftliche Untersuchungen zu wirken, deren Hauptaufgabe es aber ist, zur Erforschung der Besonderheiten der Erdgestalt durch Ausführung geodätischer, astronomischer und physikalischer Messungen innerhalb des Landesgebiets beizutragen.“

Es ist kein Zufall, dafs das geodätische Institut den Gradmessungsarbeiten sein Dasein verdankt, denn auf Messungen dieser Art beruhen nicht nur die ältesten, sondern auch heute noch die wichtigsten Methoden für die Erforschung der Erdgestalt. Breitengradmessungen wurden zu diesem Zwecke schon im Alterthum und Mittelalter angestellt, soweit dies die unvollkommenen Hülfsmittel der damaligen Zeit überhaupt gestatteten. Auch später blieben lange Zeit die Aufnahmen auf Breitengradmessungen beschränkt. Erst in der neueren Zeit haben die Fortschritte der Naturwissenschaften und der vervollkommnete Bau der astronomisch-geodätischen Instrumente auch Messungen möglich gemacht, die nicht nur der Nordsüdrichtung folgen, sondern beliebigen Richtungen nachgehen, so dafs es möglich wurde, einen bestimmten Theil der Erdoberfläche mit einem astronomisch-geodätischen Netz zu überziehen. In dem Zusammenfassen solcher seitens der einzelnen Staaten gesondert ausgeführten Arbeiten zu einem einheitlichen Ganzen und in der Fortführung und stetigen Ausgestaltung des Gesamtnetzes nach einheitlichem Plan liegt nun der Schwerpunkt der obengenannten Vereinigung, der internationalen Erdmessung, als deren Centralbureau das hier besprochene geodätische Institut zu wirken hat.

Es liegt auf der Hand, dafs diese Anstalt ihrer zwiefachen Zweckbestimmung nur dann völlig gerecht werden kann, wenn sie mit den nöthigen Einrichtungen für wissenschaftliche Arbeiten der verschiedensten Art ausgestattet ist. Hierfür sollen die Baulichkeiten dienen, die im Nachfolgenden einer näheren Besprechung unterzogen werden.

Aufser den unentbehrlichen Wohn- und Geschäftsräumen verlangt das von der Anstaltsleitung aufgestellte Bauprogramm „ein Observatorium und ein Laboratorium, ersteres zu Beobachtungen an Gestirnen und entfernten irdischen Objecten, letzteres für die Untersuchung von Basis-Apparaten und Maafsstäben, für Beobachtungen an Pendelapparaten, sowie für die Prüfung von Theilkreisinstrumenten und Hülfsapparaten verschiedenster Art“. Hierzu tritt dann noch eine Reihe von Nebenanlagen. Das „Observatorium“ ist in erster Linie für die Einübung von jüngeren Beobachtern bestimmt, sowie für die üblichen Untersuchungen der Instrumente, die bei den astronomisch-geodätischen Feldarbeiten verwendet werden. Daneben sollen aber auch Untersuchungen feinerer Art ausgeführt werden, die lang ausgedehnte Beobachtungsreihen durch geübte Beobachter erfordern. Die im „Laboratorium“ auszuführenden Arbeiten betreffen zunächst die Untersuchung von Basis-Apparaten und Mafsstäben in Bezug auf ihr Verhalten nicht nur bei constanter, sondern auch bei wechselnder Temperatur, da im Freien, wo die Apparate zur Anwendung kommen, die Lufttemperatur fast stets mehr oder minder starken Schwankungen unterliegt. Andere Untersuchungen beziehen sich auf die Veränderlichkeit der Ausdehnungscoëfficienten von Metallen. Zu diesem Zweck sollen u. a. zwei Stäbe aus altrömischer Bronce mit einander verglichen werden, von welchen der eine in seinem ursprünglichen Zustand verbleibt, der andere aber aus dem alten Material neu gegossen wird, um so die während eines Zeitraums von 2000 Jahren eingetretene Aenderung in der Ausdehnungsfähigkeit des Metalls zu ermitteln. Aufser diesen auf metrologische (Mafsvergleichungs-) Zwecke abzielenden Arbeiten soll das „Laboratorium“ auch den wichtigen Zwecken der Pendelmessungen dienen, die schon zu Anfang dieses Jahrhunderts für die Erforschung der Erdgestalt angewendet und in neuerer Zeit zur Ergänzung der astronomisch-geodätischen Lothabweichungsstudien wieder besonders stark gepflegt werden. Es handelt sich hier sowohl um vollständige (absolute) Bestimmungen der Intensität der Schwere, als auch um vergleichende (relative) Bestimmungen an einer grofsen Anzahl von Punkten der Ebene und des Gebirges. Für die Vornahme der den Feldarbeiten vorausgehenden Studien an den Apparaten, Prüfung der Beobachtungsmethoden und Bestimmung der Constanten bedarf die Anstalt eigenartig hergerichteter Räume, in welchen alle diese Arbeiten unter verschiedenartigen Temperaturverhältnissen vorgenommen werden können. Zuletzt sind noch Einrichtungen nöthig zu Vergleichungen von Mafsstäben für den gewöhnlichen Gebrauch sowie von Nivellirlatten, zum Studium der feinen Kreistheilungen an den astronomischen und geodätischen Instrumenten, zum Prüfen der Fernrohre auf ihre Formveränderungen und der Libellen auf ihre Genauigkeit und besonderen Eigenthümlichkeiten usw., Untersuchungen, die meistens für ein und dasselbe Instrument nicht ein für allemal erledigt werden können, sondern von Zeit zu Zeit, oft in jedem Jahre mehrmals, zu wiederholen sind.

Es liegt auf der Hand, dafs das Fehlen der für alle diese Zwecke erforderlichen Einrichtungen schon bald nach der Entstehung des geodätischen Instituts sich stark fühlbar machte und mancherlei Vorschläge zur Abhülfe hervorrief. Die Ursachen der Verzögerung dieser Angelegenheit während zweier Jahrzehnte näher zu erörtern, ist wohl hier nicht der Ort. Es genüge daher, auf die kurzen Andeutungen in der Einleitung zu diesem Aufsatz (S. 4 des gegenwärtigen Jahrgangs) zu verweisen und hervorzuheben, dafs gleichzeitig mit einer Reorganisation des Instituts i. J. 1886 auch die Grundlagen der Bauentwürfe durchberathen und grundsätzlich festgestellt worden sind. Zunächst hatte ein im September 1886 zusammengetretener gemischter Ausschufs die Aufgabe, die inzwischen ausgearbeiteten ersten Bauskizzen eingehend

zu prüfen. Sodann lagen sie Ende October desselben Jahres der damals in Berlin tagenden „Allgemeinen Conferenz der Internationalen Erdmessung“ vor, deren Billigung sie fanden. Auch die Königliche Akademie der Wissenschaften, der sie Ende November unterbreitet worden waren, sprach sich zustimmend aus. Bei der nun folgenden genaueren Durcharbeitung der Entwürfe und zur Entscheidung der während der Bauausführung auftauchenden zahlreichen Einzelfragen stand der Bauverwaltung ein Sachverständigen-Ausschufs berathend zur Seite, dem aufser dem Institutsdirector einige namhafte Astronomen und Physiker angehörten. So konnten, nachdem der Landtag der Monarchie die nöthigen Mittel bewilligt hatte, im Frühjahr 1889 die Bauarbeiten auf gesicherter Grundlage beginnen.

Den oben erörterten Zweckbestimmungen entsprechend gliedert sich die Gesamtanlage der Institutsbauten, abgesehen von einigen Nebenanlagen, in zwei Hauptgruppen, nämlich einerseits das „Hauptgebäude“, welches die als „Laboratorien“ bezeichneten wissenschaftlichen Arbeits- und Beobachtungsstellen mit den nöthigen Geschäftsräumen und einigen Dienstwohnungen in einem Baukörper vereinigt, anderseits das „Observatorium für Winkelmessungen“, welches die im Programm unter der Bezeichnung „Observatorium“ zusammengefafsten Einrichtungen bietet. Der Reihenfolge des Baubeginns entsprechend, wird zunächst das Hauptgebäude zu betrachten sein.

A. Das Hauptgebäude.

(Vergl. Blatt 43, Abb. 2, sowie Blatt 44 und 45.)

Für die Grundrifsgestaltung war hier in erster Linie die Absicht mafsgebend, den beiden Räumen, in welchen die wichtigsten und schwierigsten Präcisionsarbeiten vorgenommen werden, dem Comparator- und dem Pendel-Saal, eine Lage zu geben, welche sie von der Temperatur der Aufsenluft möglichst unabhängig macht. Denn wenn auch häufig bei den hier vorzunehmenden Arbeiten ähnliche Temperaturschwankungen und Uebergänge aus einem höheren Wärmegrad in einen tieferen, und umgekehrt, künstlich erzeugt werden sollen, wie sie bei den Messungen im Freien durch den natürlichen Wechsel der Witterungsverhältnisse vorkommen, so soll dies doch nach Bedarf der jeweiligen Untersuchung und nicht nach dem Zufall des Temperaturzustandes der Aufsenluft geschehen. Aufserdem sind aber auch Beobachtungen nicht ausgeschlossen, bei welchen es auf eine möglichst lange dauernde Constanz einer bestimmten, innerhalb gewisser Grenzen bemessenen Temperatur wesentlich ankommt.

Diese Erwägungen führten zu der Wahl einer Grundrifsform, welche die Präcisionsräume ganz ins Innere des Baukörpers verlegt, rings umschlossen von anderen Räumen des Hauses. Zur Durchführung dieses Gedankens bedurfte es bei den nicht unbedeutenden Abmessungen der beiden Präcisionssäle einer erheblichen Anzahl von Umschliefsungsräumen, und dieser Umstand veranlafste wieder den Entschlufs, in ein und demselben Gebäudekörper zusammen mit den wissenschaftlichen auch die geschäftlichen Arbeitsräume und mehrere Dienstwohnungen unterzubringen.

Wie der Lageplan Abb. 19 S. 365/66 zeigt, liegt das Gebäude südöstlich vom Hauptbau des astrophysikalischen Observatoriums, auf der gradlinigen südlichen Verlängerung der an den Observatoren-Wohnhäusern vorbeiführenden Auffahrtsstrafse. Die Längenachse des genau nach den Haupthimmelsrichtungen angelegten Gebäudes verläuft von Ost nach West, sodafs die beiden Langseiten nach Nord und Süd schauen. An beiden Schmalseiten liegen die wichtigsten Eingänge, westlich der zu den Institutsräumen, östlich der zur Directorwohnung. Demgemäfs spaltet sich die Zufahrtstrafse in zwei viertelkreisförmig nach diesen beiden Eingängen sich wendende Arme, die einen halbkreisförmigen Rasenplatz vor der Nordseite des Gebäudes einschliefsen.

Der für die Gesamtgestaltung des Gebäudes mafsgebende Erdgeschofs-Grundrifs (vgl. Blatt 44) zeigt nach obigem in seiner Mitte den Pendel- und den Comparator-Saal, von starken, mit zahlreichen Röhren durchsetzten Wänden umschlossen. An der West-, Süd- und Ostseite umziehen diesen Kernbau zunächst die Verbindungsgänge, an welche sich des weiteren nach Aufsen hin die Arbeitszimmer der wissenschaftlichen und Verwaltungs-Beamten schliefsen. Vor die Nordseite legt sich der grofse Instrumentensaal, von welchem aus die beiden Mittelsäle ausschliefslich ihren Zugang erhalten. An den grofsen Instrumentensaal schliefst sich östlich — auch nur mit Fenstern an der Nordseite, wie dieser — der kleine Instrumentensaal, westlich eine zum Verdunkeln eingerichtete Kammer und die mechanische Werkstätte. In der Mitte der Ost- wie der Westseite sind, den Eingängen von Aufsen entsprechend, Treppen angeordnet als Aufgänge, einerseits zur Directorwohnung, anderseits zu den oberen Institutsräumen.

Da die grofsen Räume der Nordseite ebenso wie die Mittelsäle eine entsprechend gröfsere Geschofshöhe bedingen, als die Bureauräume der Süd- und Ostseite, für das erste Stockwerk aber eine verschiedene Höhenlage der Fufsböden in den einzelnen Theilen störend wäre, so ist der Fufsboden in den Räumen an der Nordseite und im Kernbau um 1,50 m tiefer gelegt, als in den übrigen Räumen des Geschosses. Die an den nördlichen Enden der Verbindungsgänge eingelegten Treppenstufen vermitteln diesen Höhenunterschied, wobei an der Ostseite auch ein nach dem Untergeschofs führender Arm durch Theilung der Treppenbreite angeordnet worden ist. An der Westseite war dies entbehrlich, weil hier die naheliegende Haupttreppe, die nach dem Untergeschofs fortgesetzt ist, Ersatz bietet.

Wie der Querschnitt auf Blatt 45 zeigt, ist die erwähnte Höhenverschiedenheit in den Fufsbodenlagen der beiden Theile des Erdgeschosses, im Zusammenhange mit der natürlichen Abdachung des Geländes nach Süden hin um etwa 2 Meter, dazu benutzt worden, an der Süd- und Ostseite unter dem hier hochliegenden Erdgeschofs ein völlig erdfreies Untergeschofs für Wohnungen von zwei niederen Beamten und darunter ein ganz in den Boden eingesenktes Kellergeschofs einzurichten, während unter den Räumen der Nordseite und Mitte nur ein einziges Unter- (oder hier richtiger Keller-) Geschofs in gleicher Bodenlage mit den Kellern der West-, Süd- und Ostseite Platz findet.

Das erste Stockwerk (vgl. Blatt 44) enthält an der Südwestecke zwei Wohnungen für wissenschaftliche Hülfsarbeiter (Assistenten), je aus Stube und Kammer bestehend, an der Süd-, Ost- und einem Theil der Nordseite die Familien-Wohnung des Directors. Da dieser Wohnung auch noch Räume

im Obergeschofs zugewiesen sind, so ist am Nordende des östlichen Verbindungsganges eine besondere Innentreppe nach diesen oberen Räumen angeordnet, damit der tägliche Wohnverkehr nicht auf die Benutzung der aufserhalb der Wohnung liegenden äufseren Zugangstreppe angewiesen ist. Die Nord- und ein Theil der Westseite enthalten Bureauräume. Die Trennungswand zwischen dem nördlichen Verbindungsgang und den Zimmern der Nordseite ruht auf einer von drei Eisensäulen gestützten Bogenwand im grofsen Instrumentensaal, dessen Zweckbestimmung durch diesen Einbau nicht wesentlich berührt wird, sodafs die Anstaltsleitung gegen diese Anordnung keine Bedenken hatte. Im Kernbau über dem Pendel- und Comparatorsaale liegen entsprechende Räume mit Deckenlicht, über deren Zweckbestimmung später noch einiges mitzutheilen ist.

Im Obergeschofs (Blatt 44, oben) sind nur die Ost- und Westflügel mit solcher Lichthöhe angelegt, dafs sie sich zur Einrichtung von Wohnräumen eignen, während die Nord- und Südseite unmittelbar unter der Dachfläche liegende Bodenräume aufweisen. Ueber die Bestimmung und Sondereinrichtung der hierhin fallenden Theile des Kernbaues wird im Zusammenhange mit den Einrichtungen der Präcisionsräume zu sprechen sein. Der Ostflügel dieses Geschosses ist, wie schon oben erwähnt, der Directorwohnung zugewiesen, im Westflügel sind südlich von der Haupttreppe einige Gastzimmer angeordnet zur Aufnahme auswärtiger Fachgelehrter, welchen für bestimmte Studienzwecke die wissenschaftlichen Einrichtungen des Institutes zeitweilig zur Verfügung gestellt werden. Nördlich von dieser Treppe sind die entsprechenden Räume vorläufig noch nicht ausgebaut und bleiben zunächst als Bodenräume sowie für später sich zeigende Raumbedürfnisse der Anstalt verfügbar. Ueber den Obergeschossen der beiden Flügel bieten sich noch niedrige, doch für Aufbewahrungszwecke wohl benutzbare Bodenräume, deren flaches Dach in gleicher Höhe mit der Plattform des Kernbaues liegt. Die dem letzteren sich an der Ost- und Westseite anschliefsenden kleinen Gehäuse der Bodentreppen sind mit massiven Bedachungen versehen, um Plätze mit weiter Fernsicht und fester Instrument-Aufstellung für mancherlei Beobachtungen zu gewinnen. Eine Wendeltreppe vermittelt den Zugang zu diesen Plattformen. Die begehbaren Dächer sind in Holzcement abgedeckt und mit einem einfachen Eisengitter umwehrt. Erwähnt sei hier noch, dafs von dem zahlreichen Beamtenpersonal der Anstalt nur dem Director, zwei Assistenten und zwei Unterbeamten Dienstwohnungen geboten werden konnten, während die übrigen Beamten auf Privatwohnungen in Potsdam angewiesen sind.

Während die zu Wohn- und Bureauzwecken dienenden Räume nichts bieten, was von dem sonst hierfür üblichen abweicht und deshalb zum Gegenstand besonderer Besprechung sich eignete, fordern die für wissenschaftliche Präcisionsarbeiten hergerichteten Gelasse noch zu näherer Betrachtung auf, namentlich diejenigen im Kernbau. Die Kelleranlage ist in letzterem ganz für die mächtigen Festpfeiler in Anspruch genommen, welche den Comparator- und Pendelapparaten erschütterungsfreie Aufstellung gewähren sollen. Diese Pfeiler sind in beiden Räumen insofern verschieden gestaltet, als der für den Comparatorsaal bestimmte ringsum von den Umfassungswänden freigelegt ist, der unter dem Pendelsaal angeordnete dagegen mit diesen zusammenhängt. Der Grund für diese Verschiedenheit liegt, wie sich später ergeben wird, in den verschiedenartigen Vorbedingungen für die Temperirungsanlagen. Sonst sind beide Pfeilermassen in gewöhnlichem Backsteinmauerwerk mit Kalkmörtel hergestellt und von zahlreichen Aussparungen in Röhrenform durchzogen, die der Luft den Zutritt zum Innern des Mauerwerks gestatten und so das Austrocknen seiner Masse befördern. Aehnliche, jedoch kleinere Festpfeiler sind an den beiden Enden des unter dem grofsen Instrumentensaal liegenden Kellerraumes in besonders abgegrenzten Pfeilerkellern errichtet. Die aufser diesen an der Nordseite liegenden drei Kellerräume sind für wissenschaftliche Arbeiten bestimmt, bei welchen eine möglichst gleichmäfsige Temperatur wichtig ist. Ihre Fenster münden daher nach Lichtschächten, die oben mit starken Rohglasplatten abgedeckt sind, um die Schwankungen der Aufsentemperatur thunlichst von den Beobachtungsräumen abzuhalten, ohne doch eine angemessene Tagesbeleuchtung auszuschliefsen.



Abb. 8.
Innenansicht des grofsen Instrumentensaales im Hauptgebäude des Geodätischen Instituts.

Von den Erdgeschofsräumen der Nordseite interessirt vorzugsweise der grofse Instrumentensaal, dessen Innenansicht das Schaubild Abb. 8 zeigt. Er ist mit einer gröfseren Anzahl von Steinpfeilern zum Aufstellen von Instrumenten ausgestattet und dient vorzugsweise zu den oben erwähnten Prüfungen von Instrumenten aller Art, soweit sie im geschlossenen Raum vorzunehmen sind. Die Instrumentenpfeiler stehen theils auf den beiden isolirten Grundpfeilern, theils auf starken Gewölben und sind in üblicher Weise von

dem Fufsboden losgetrennt. Der östliche dahinter liegende kleine Instrumentensaal dient zu ähnlichen Zwecken, sowie zur Aufbewahrung feinerer Instrumente. Die westlich vom grofsen Saal folgende „Dunkelkammer“ tritt namentlich bei photographischen Arbeiten, die neuerdings auch für metrologische Zwecke häufig herangezogen werden, in Dienst. Die sich weiterhin westlich anschliefsende Werkstatt ist dem Mechaniker der Anstalt für seine Arbeiten zugewiesen. Um gröfsere Gegenstände bequemer aus- und einbringen zu können, ist sie mit einer unmittelbar ins Freie mündenden Thür versehen. Alle diese Räume an der Nordseite sind zur besseren Erhaltung gleichmäfsiger Temperatur überwölbt.

Die wichtigsten Gelasse der Bauanlage sind aber, wie schon oben bemerkt, die beiden Räume des Kernbaues, der Comparator- und der Pendelsaal nämlich. Schon ihre Lage im Innern der ganzen Gebäudemasse, ringsum eingeschlossen von anderen Räumen der Anstalt, sichert diesen Sälen ein erhebliches Mafs von Temperaturconstanz. Allerdings wird dieser Vorzug erkauft durch den Mangel einer unmittelbaren Tagesbeleuchtung, was jedoch unbedenklich ist, da die hier vorzunehmenden Arbeiten ohnehin eine künstliche Beleuchtung einzelner Punkte bedingen, sodafs es genügt, soviel mittelbares Licht einzuführen, als zum Zurechtfinden im Raume nöthig ist. Letzteres geschieht durch Rohglasplatten, die im Fufsboden des darüber liegenden Raumes (welcher seinerseits ein ausgiebiges Deckenlicht erhalten hat) eingelassen sind. Fufsboden und Decke beider Säle ruhen auf I förmigen Eisenträgern, zwischen welchen an den Decken doppelte Flachgewölbe eingespannt sind. Die Eisenträger des Fufsbodens vermeiden natürlich jede Berührung des Grundpfeilers oder der auf ihm stehenden Instrumentenpfeiler, um keine aus dem Verkehr entspringende Erschütterungen auf die Pfeiler zu übertragen. Im Comparatorsaale liegen Rohglasplatten auf den oberen und unteren Flanschen der Träger, deren obere, mit Linoleum bedeckt, den Fufsboden des Raumes bilden, während die unteren wesentlich dazu dienen, den besseren thermischen Abschlufs des Pfeilerkellers zu bewirken. Es wird nämlich Werth darauf gelegt, dafs die Temperatur des Pfeilerkellers möglichst dauernd constant und in Ausgleich mit dem natürlichen Erdboden bleibt, unabhängig von den wechselnden Wärmegraden des Saales selbst. Zu diesem Behufe müssen auch die unvermeidlichen engen Schlitze zwischen dem Fufsboden und den aus dem Pfeilerkeller in den Saalraum hineinragenden Instrumentenpfeiler in einer Weise geschlossen werden, die zwar die Erschütterungsfreiheit der Pfeiler nicht gefährdet, den thermischen Ausgleich zwischen Pfeilerkeller und Saal aber thunlichst abschneidet, d. h. durch weiche und temperaturträge Stoffe. Die gleiche Rücksichtnahme auf den Temperaturausgleich zwischen den Räumen unter und über dem Fufsboden fällt im Pendelsaal aus Gründen, die sich im folgenden ergeben, weg.

Zur Erzielung einer innerhalb gewisser Grenzen beliebig hoch oder niedrig zu normirenden Temperatur ist eine Einrichtung getroffen worden, die der Verfasser gemeinschaftlich mit dem damaligen Director der Kaiserlichen Normal-Eichungscommission, Geheimrath Prof. Dr. Förster (zugleich Director der Berliner Sternwarte), zur Temperirung der für genaueste Mafs- und Gewichtsvergleichungen dienenden Räume der erstgenannten Anstalt schon zu Anfang der 70er Jahre ausgestaltet und mit gutem Erfolg angewendet hat. Das Wesentliche dieser Einrichtung besteht darin, dafs die Uebertragung der Wärme nicht von einzelnen, etwa an verschiedenen Stellen des Raumes angebrachten Heizkörpern, sondern von der gesamten Raumumfassung ausgeht. Es sind nämlich alle Wände, die Decke, im Pendelsaal auch der Fufsboden, mit zusammenhängenden Hohlräumen umgeben, innerhalb welcher die Luft nach Bedarf in eine höhere oder niedrigere Temperatur gebracht werden kann, sodafs sich durch Transmission die gleiche Temperatur allmählich dem Saalraume mittheilt. Diese Hohlräume werden gebildet durch zwei Wände von Wellzinkblech, deren eine unmittelbar an den raumumschliefsenden Mauern usw. befestigt ist, während die andere mit einem bestimmten Abstand von ersterer frei steht oder schwebt. Für die senkrechte Wandumkleidung ist nämlich ein leichtes Eisengerüst aufgestellt, das zur Befestigung der freien Blechwand dient, während die innere Deckenbekleidung durch Hängeeisen von der Raumdecke her gehalten wird. In gleicher Weise hängen im Pendelsaal die Blechwände des Hohlraumes unter dem Fufsboden an den Eisenträgern des letzteren.

Es wurde als genügend erachtet, die Temperatur der Räume je nach Bedarf bis auf höchstens 35° C. zu steigern und einige Grad unter Null sinken zu lassen. Da die wissenschaftlichen Präcisionsbeobachtungen der hier in Betracht kommenden Art wesentlich in die Wintermonate fallen, weil nach dem Arbeitsplan des Instituts die bessere Jahreszeit soweit als möglich zu auswärtigen Feldarbeiten ausgenutzt wird, so konnte von Einrichtungen zur künstlichen Kühlung der Raumluft abgesehen werden. Arbeiten, welche Temperaturen unter Null bedingen, sollen nämlich nur bei niedriger Aufsentemperatur vorgenommen werden, sodafs Vorrichtungen genügen, durch welche die Einführung kalter Luft vom Freien her möglich gemacht wird. Es bedarf also nur der Einrichtung zur künstlichen Erhöhung der Temperatur in den Blechhohlräumen. Hierzu dienen Gasflammen aus Bunsenbrennern, die im tiefsten Theil der Blechhohlräume angebracht sind. Um sowohl die Verbrennungsproducte ins Freie abzuführen, als auch frische Luft, die schon zur Speisung der Gasflammen unentbehrlich ist, aber auch zur Herstellung niedriger Temperaturen dienen soll, von ebendaher in die Hohlräume einleiten zu können, sind in den starken Uufassungsmauern zahlreiche Röhren ausgespart, die durch Stellklappen geöffnet und abgeschlossen werden können. Der gröfste Theil dieser Röhren dient entweder zum Ableiten der Verbrennungsgase aus den Blechhohlräumen, oder zum Einleiten der Aufsenluft in diese, einige der Röhren sind aber auch zum Einleiten frischer Luft in die Saalräume selbst oder zum Abführen verbrauchter Luft aus diesen Räumen bestimmt, wenn hier ein Luftwechsel nöthig ist. Sämtliche zum Abführen der verbrauchten Luft und der Verbrennungsgase dienenden Röhren münden in ein Canalsystem, das im Dachraum an den Wänden entlang angeordnet und seinerseits durch sechs über Dach geführte Abzugsschlote entlüftet ist. Die Decken der einzelnen Canalstrecken steigen in der Richtung nach dem zugehörigen Schlot stark an, um den Abzug der Gase zu erleichtern. Zu weiterer Beförderung des Zuges sind in den Schloten Bunsenbrenner ange-

bracht, deren Flammen den Abzug der Gase beschleunigen. Die zum Einleiten der frischen Luft dienenden Röhren münden oben im Dachraum, der seinerseits mit der freien Luft unmittelbar in Verbindung gebracht werden kann.

Die hier beschriebenen Anordnungen sind theils in den Grundrissen und Schnitten des ganzen Gebäudes, namentlich auf Blatt 44 und Blatt 45, theils in dem dort beigefügten besonderen Grundrifs und den beiden besonderen Schnitten der hier in Betracht kommenden Räume zur Darstellung gebracht. Ueber einige Einzelheiten dieser Einrichtungen sei noch folgendes bemerkt:

Bei den in ähnlicher Weise eingerichteten Räumen der hiesigen Normal-Eichungscommission, die, wie gesagt, im wesentlichen allen berechtigten Anforderungen wohl entsprechen, hat es sich als ein Uebelstand herausgestellt, dafs die zwischen den Blechwänden befindlichen Hohlräume bei einer Weite von etwa 25 Centimeter zwar für die Temperirung und Luftbewegung durchaus genügen, aber nicht für Menschen zugänglich sind. Letzteres ist jedoch für die Vornahme von Instandsetzungsarbeiten, Untersuchung der Klappenvorrichtungen und ähnliche Anlässe sehr wünschenswerth, ja nothwendig. Mit Rücksicht hierauf wurde daher im vorliegenden Falle eine lichte Weite von etwa 50 Centimeter gewählt, so dafs die in den Hohlräumen befindlichen Vorrichtungen ohne besondere Schwierigkeiten zu erreichen sind. Im Comparatorsaal, wo der Blechhohlraum in Fufsbodenhöhe seinen unteren Abschlufs findet, schien es nöthig, für Beseitigung des bei der Gasverbrennung ausgeschiedenen Wassers zu sorgen. Die Sohle des Hohlraumes hat daher eine rinnenförmige Gestaltung mit Längengefälle erhalten, wobei die tiefsten Punkte durch Röhren, die seitlich die Mauer durchbrechen, abgewässert werden. Bei den mit der fertigen Einrichtung angestellten Heizversuchen hat sich übrigens nie eine Ansammlung von Wasser gezeigt, doch ist nicht ausgeschlossen, dafs bei länger dauernden Arbeiten, namentlich, wenn rasche Abkühlung der Temperatur hervorgebracht wird, die Entwässerungsanlagen sich als nützlich erweisen werden. Zum Zweck einer sehr starken und raschen Abkühlung der Raumluft im Saal kann übrigens noch eine andere Vorrichtung gebraucht werden. Die bereits oben erwähnten Glasplatten, die in dem Fufsboden des über den Sälen liegenden Raumes, sowie in den Blechwänden der Saaldecke angebracht sind, um den Präcisionsräumen ein mäfsiges Licht von oben zuzuführen, können abgenommen werden. Ebenso sind in der Glasdecke des oberen Raumes entsprechende Oeffnungen herzustellen. Werden nun diese Oeffnungen durch schlauchartige Vorrichtungen, die von der Decke zum Fufsboden reichen, untereinander verbunden, so kann die kalte Luft des Dachraumes unmittelbar in die Blechhohlräume und in die Säle eingeführt werden. Dabei läfst sich durch Einschnüren oder Freilassen der Schläuche die Masse des Luftzutritts nach Bedarf abmessen. Alles dies kann geschehen, ohne die Temperatur des Oberraumes hierbei wesentlich zu ändern, wenn dies vermieden werden soll.

Im Raum für Pendelbeobachtungen gestalten sich die Heizvorrichtungen darum etwas anders als im Comparatorsaal, weil sich im ersteren der Blechhohlraum auch unter dem Fufsboden hinzieht. Die Heizflammen sind daher in einem tiefer liegenden, schachtartig ummauerten Raum angebracht, der den Festpfeiler in seiner Mitte durchbricht, und von diesem durch Hohlräume nach Möglichkeit thermisch isolirt ist. Die Verbrennungsluft tritt durch einen mit Thürverschlufs versehenen unteren Zugang aus den umgebenden Räumen des Untergeschosses oder Kellers in den Heizschacht. Unmittelbar über den Heizflammen ist durch Schutzbleche und Füllung mit temperaturträgen Stoffen dafür gesorgt, dafs hier keine zu starke örtliche Erhitzung des Fufsbodens eintritt. Da durch diese schachtartige Durchbrechung die Masse des Grundpfeilers wesentlich vermindert wird, sodafs er bei ringsum durchgeführter Lostrennung vom umgebenden Gebäudemauerwerk eine zu geringe Standfestigkeit behalten hätte, so ist diese Lostrennung, die beim Grundpfeiler des Comparatorsaales streng durchgeführt wurde, hier aufgegeben und der Pfeilerkörper mit dem umgebenden Gebäudemauerwerk in unmittelbare Verbindung gebracht. Was er hierbei an Erschütterungsfreiheit etwa verliert, gewinnt er reichlich an Standfestigkeit durch die Mitwirkung des sehr bedeutenden Gewichts der gesamten Gebäudemasse.

Zur Beleuchtung der Stellen, an welchen die exacten Beobachtungen stattfinden, sind Gasflammen in besonderen laternenartigen Kästchen, die an verschiedenen Stellen der inneren Blechwand sitzen, angeordnet. Da diese Kästchen nur mit dem zwischen den Blechwänden eingeschlossenen Hohlraum, nicht mit dem Saale selbst in Luftverbindung stehen, so können die Leuchtflammen in letzterem keine Temperaturerhöhung bewirken. Durch passend angebrachte Linsen und Spiegel läfst sich ein starkes Licht auf die zu beobachtende Stelle concentriren.

Im Comparatorsaal sind mehrere zum Aufstellen von Mikroskopen usw. dienende Instrumentenpfeiler, die auf dem gemeinsamen Grundpfeiler ruhen, aufgestellt, und aufserdem ist ein Schienengleis angelegt, auf dem sich ein Wagen zur Aufnahme der zu vergleichenden Längenmafsstäbe (Basis-Apparate) hin und her schieben läfst, um so den betreffenden Theil genau unter die auf besonderen Pfeilern aufgestellten Mikroskope zu bringen. Bei den Berathungen über diese Anlage war die Frage angeregt worden, ob es nicht zweckmäfsig sei, für Mikroskope und Wagen besondere von einander unabhängige Grundpfeiler zu errichten, damit sich die beim Einfahren des Wagens eintretenden Schwingungen nicht auf die Mikroskope übertragen könnten. Bei näherer Erwägung wurde jedoch dieser Gedanke wieder fallen gelassen, weil jeder der dann nöthigen drei Grundpfeiler wegen der unvermeidlichen Zwischenräume etwas weniger als $^1/_3$ der Masse des Gesamtpfeilers erhalten, also um soviel weniger standfest sein würde. Man glaubte vielmehr in der gröfseren Masse und Standsicherheit des einheitlichen Grundpfeilers günstigere Verhältnisse für die Erschütterungsfreiheit zu gewinnen. Im Pendelsaale ruhen auf dem Grundpfeiler vorzugsweise die in den Saalraum hineinreichenden Werksteinkörper, die zum Aufhängen der Pendel dienen. Obgleich für diese Steinkörper ziemlich schwere Massen verwendet worden sind, hat sich bei den Versuchen gezeigt, wie schwer es ist, ein störendes Mitschwingen dieser Körper unter der Einwirkung der Pendelschwingungen ganz zu vermeiden.

Es möchte vielleicht die Frage aufgeworfen werden, warum für die Temperirungs-Anlagen die Anordnung des Absaugens statt des wirksameren Einblasens der erwärmten oder

gekühlten Luft in die Blechhohlräume gewählt worden sei. In der That ist letzteres bei den Vorberathungen des Gesamtentwurfs von technischer Seite in Anregung gebracht, von wissenschaftlicher jedoch abgelehnt worden, weil man die Erschütterungen fürchtete, die durch den Gang der Gebläsemaschine auf die Festpfeiler usw. übertragen werden könnten. Da, wie bemerkt, die durch Auftrieb und Absaugen bewirkte Luftbewegung sich für die Zwecke der Anstalt als genügend beweist, so hat der Erfolg die getroffene Wahl wohl gerechtfertigt.

Die über den beiden Präcisionssälen liegenden Räume des ersten Stockwerks waren in der ersten Skizze ohne anderweite Zweckbestimmung nur als der thermischen Isolirung und der Tagesbeleuchtung jener Säle dienende Anlagen gedacht. Als diese Skizzen im November 1886 der Internationalen Conferenz vorlagen, wurde von einem der auswärtigen Vertreter die Frage angeregt, ob nicht in dem Gebäude ein passendes Denkmal für den General Baeyer, als den Stifter und ersten Leiter der Vereinigung, errichtet werden könnte, und von einem anderen der auswärtigen Herren dieser Gedanke dahin erweitert, dafs auch für sonstige verdiente Geodäten ähnliche Erinnerungsmale hergestellt werden möchten. Da dieser Gedanke allgemeinen Anklang fand, schlug der Verfasser die Einrichtung der obengenannten Räume zu einer „Gedenkhalle“ vor, was ohne sehr erhebliche Mehrkosten durch angemessenen Ausbau geschehen könne. Da auch die mafsgebenden Staatsbehörden diesem Gedanken zustimmten, so wurde der kleinere über dem Pendelsaal liegende Raum als Bibliothek und Vorhalle, der gröfsere, über dem Comparatorsaal als Sitzungssaal und Gedenkhalle ausgestattet.*) In der Gedenkhalle erhielten die Wände ein Getäfel aus Eichenholz, in dessen Mitte auf der Ostseite eine Nische mit der Büste von Baeyer, auf der Nord- und Südseite je eine ebensolche mit den Büsten von Gaufs und Bessel angeordnet ist. In den Füllungen des Getäfels sollen nach und nach die Bildnisse anderer hervorragender Geodäten auf Broncetafeln in flach erhabener Arbeit unter leichter Aufhöhung in Gold angebracht werden, während der obere Theil der Wände und die Voute der Decke eine angemessene Färbung und malerische Ausstattung erhalten. Der vielleicht naheliegende Gedanke, auch die übrigen Geodäten gleich den Genannten durch Büsten zu ehren, war deshalb nicht recht durchführbar, weil eine Aufstellung der Büsten auf Wandconsolen in der starken Durchbrechung der Umfassungsmauern durch Röhren ein technisches Hindernifs fand, eine solche auf selbständigen Pfeilern vor der Wand aber leicht ermüdend wirken würde. Da der Raum ein gleichmäfsiges und reiches Deckenlicht erhält, so können alle diese Kunstwerke wohl zur Geltung gelangen. Die Halle kann durch Gasöfen geheizt und durch Anschlufs an die Röhren in den Umfassungswänden gut gelüftet werden. Auch zur Ableitung der Verbrennungsrückstände des Heizgases dienen diese Röhren. Zur abendlichen Beleuchtung sind Kronleuchter mit Gasflammen angeordnet.

*) Es sei hier bemerkt, dafs der an der Mitte der Südseite des Erdgeschosses liegende dreifenstrige Raum, der auch als „Bibliothek“ bezeichnet ist, hauptsächlich die im täglichen Gebrauch befindlichen Werke enthält und daneben zu Conferenzen der Mitglieder des Instituts benutzt wird. In der oberen Bibliothek sollen die seltener benutzten Bücher Aufstellung finden, während in der Gedenkhalle gelegentlich gröfsere Versammlungen tagen können.

Es sei noch darauf hingewiesen, dafs der Dachraum über den hier besprochenen Hallen mit Einrichtungen versehen ist, die ein starkes Steigern der Wärme bei Sonnenbestrahlung verhindern. So besteht das Dach, aufser den stärker geneigten verglasten Seitentheilen, aus einem flachen, mit Holzcement abgedeckten Mittelstück, das mit einem zur Entlüftung dienenden Aufsatz mit Klappenverschlufs versehen ist. Seiten- und Mitteltheile sind verdoppelt und so eingerichtet, dafs die unter der Einwirkung der Sonnenwärme sich erhitzende Luft in den Hohlräumen aufwärts strömen und durch jenen Entlüftungsaufsatz ins Freie entweichen kann, während von unten her frische kühlere Luft nachströmt. Auch der ganze Dachraum kann durch Klappen mit dem Entlüftungsaufsatz und hierdurch mit der freien Luft in unmittelbare Verbindung gesetzt werden.

Die einfache Architektur des Aufsenbaues zeigt Blatt 43, Abb. 2, eine Ansicht von Nordwesten darstellend. Es erscheinen hier u. a. an der nördlichen Langseite die viergepaarten Fenster des grofsen Instrumentensaales, an der westlichen Schmalseite der Eingang zu den Institutsräumen nebst Treppenhaus. Die Mauerflächen sind, wie an den meisten Hochbauten der übrigen Anstalten, mit einem röthlichgelben Backstein bekleidet, bei mäfsiger Verwendung von Sandstein zu den Fensterbänken, Gesimsabdeckungen und einigen Architekturtheilen, wie den Capitellen der Theilungspfeiler in den Fenstern des Instrumentensaales und den Säulchen in den Rundbogenfenstern des Obergeschosses. Im Inneren sind die Gänge und Treppenhäuser mit gewölbten Decken versehen, die Treppen massiv hergestellt, so zwar, dafs die Institutstreppe auf einem von Sandsteinsäulen getragenen Gewölbesystem ruht, während die zur Directorwohnung führende freitragend gebaut ist, und beide mit schmiedeeisernem Geländer versehen sind. Die zur Directorwohnung gehörige Innentreppe besteht aus Eisengerüst mit Holzbelag.

B. Das Observatorium für Winkelmessungen.

(Mit Abbildungen auf Blatt 46 und 47.)

Während die wichtigsten wissenschaftlichen Arbeitsräume im Hauptgebäude den Längenmafsvergleichungen und Pendelbeobachtungen gewidmet sind, dienen die jetzt zu besprechenden Anlagen vorzugsweise den Arbeiten und Uebungen an den verschiedenen optischen Instrumenten für Fernbeobachtungen. In diesem Sinne steht das Observatorium für Winkelmessungen in naher Verwandtschaft zu einer Sternwarte, mit dem Unterschiede, dafs letztere vorzugsweise für grofse und feststehende („Positions“-) Instrumente eingerichtet sein mufs, ersteres dagegen nur kleineren tragbaren Instrumenten Aufstellung zu bieten hat, wie sie für die Feldaufnahmen gebraucht werden. Die einzelnen Räume können daher wesentlich kleinere Abmessungen erhalten, doch sind sie auch hier, wie bei einer Sternwarte, theils für „Universal“-, theils für „Durchgangs“-Beobachtungen einzurichten, je nachdem sie bestimmt sind, Instrumente aufzunehmen, deren optische Achse nach allen Richtungen hin beweglich ist („Universalinstrument“), oder solche, bei welchen sich diese Achse nur in einer senkrechten Ebene auf und ab bewegt („Passageinstrumente“). Die Baugruppe des Observatoriums für Winkelmessungen setzt sich demgemäfs aus fünf Einzelbauten von

bescheidenen Abmessungen zusammen, von welchen das eine allgemeinen Zwecken der Anstalt dient, drei für Durchgangsbeobachtungen bestimmt sind und eins für Universalbeobachtungen eingerichtet ist. Wie der Lageplan Abb. 19 zeigt, liegt diese Baugruppe in geringer Entfernung nordwestlich vom Hauptgebäude, an ihrer Südostecke das Gebäude für allgemeine Zwecke, auf dessen von Ost nach West gerichteter Achse die beiden Meridianhäuser, auf der von Süd nach Nord gehenden Achse das Haus für den „ersten Vertical“ und der geodätische Thurm stehen. Bei der Wahl des Platzes und der Stellung der einzelnen Bauten mufste vor allem darauf Rücksicht genommen werden, dafs dem für Universalbeobachtungen bestimmten „geodätischen Thurm“ die möglichst vollkommene Horizontfreiheit geboten werde, damit von seiner Beobachtungsstelle aus ebensowohl bestimmte irdische Fernpunkte („Miren“) als Gestirne einvisirt werden können. Dem Thurm ist daher die höchstgelegene Stelle des verfügbaren Geländes gegeben, deren Ausschau zugleich am wenigsten durch andere Baulichkeiten, z. B. die Thürme des astrophysicalischen Observatoriums behindert wird.

1. Das Haus für Instrumente und allgemeine Zwecke, Abb. 9 bis 11.

ist in gewöhnlichem Backstein-Massivbau errichtet und besteht aus Keller- und Erdgeschofs. Ersteres, ganz in den

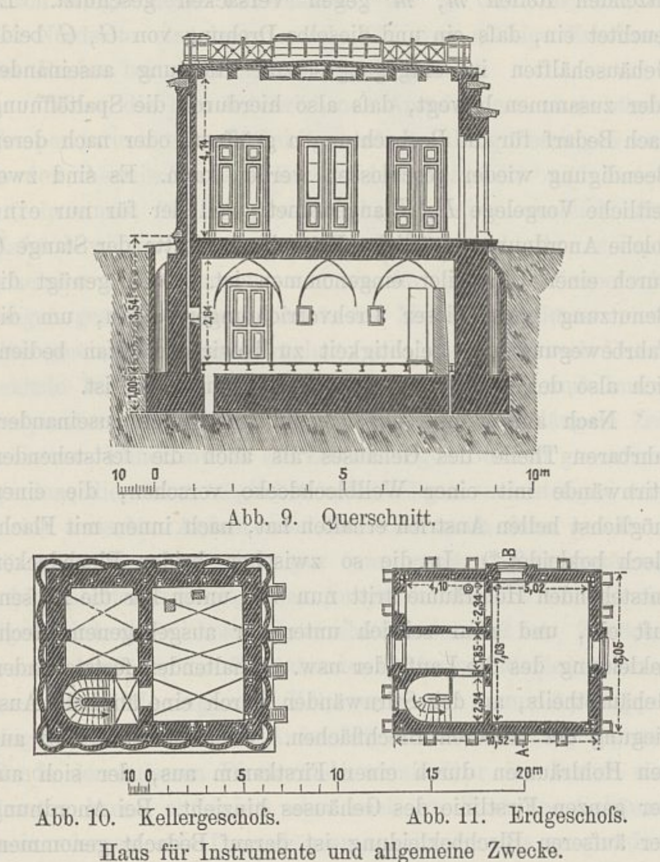


Abb. 9. Querschnitt.

Abb. 10. Kellergeschofs. Abb. 11. Erdgeschofs.

Haus für Instrumente und allgemeine Zwecke.

Boden eingetieft und mit starken Gewölben überdeckt, enthält aufser dem Treppenraum eine kleine Batteriekammer und einen etwas gröfseren Raum, dessen Fufsboden über einer isolirten Grundplatte frei schwebend angelegt ist. An dieser Platte sollen Beobachtungen über etwa eintretende Bewegungen der Erdscholle angestellt werden. Im Erdgeschofs ist der gröfsere, mit Oberlicht und unmittelbar ins Freie führenden Thüren versehene Raum zum Aufbewahren von Winkelmefs-Instrumenten sowie zu kleineren Untersuchungen an diesen bestimmt, das kleine, neben dem Eingangsflur liegende Gemach aber dient zum vorübergehenden Aufenthalt des Beobachters, um in dem durch einen Gasofen mäfsig erwärmten Raume Aufzeichnungen zu machen, da alle übrigen Räume, besonders die eigentlichen Observatorien mit der freien Luft in möglichst vollkommenem thermischen Ausgleich stehen müssen, also in der kalten Jahreszeit nicht geheizt werden dürfen.

2. u. 3. Die beiden Meridianhäuser und das Haus im I. Vertical

sind gemeinsam zu besprechen, da sie genau gleiche Anordnung in Grundrifs und Aufbau zeigen, sodafs die Beschreibung eines dieser kleinen Gehäuse genügt. Zwischen den Meridianhäusern und dem Haus im I. Vertical besteht nur ein Unterschied hinsichtlich der Lage. Während die Visirebene der ersteren genau im Meridian liegt, also nordsüdlich gerichtet ist, steht sie bei dem zweiten genau senkrecht zum Meridian, streicht also nach Ost-West. Daher ist statt der Bezeichnung: I. Vertical auch der Ausdruck „Ost-West-Vertical“ üblich.

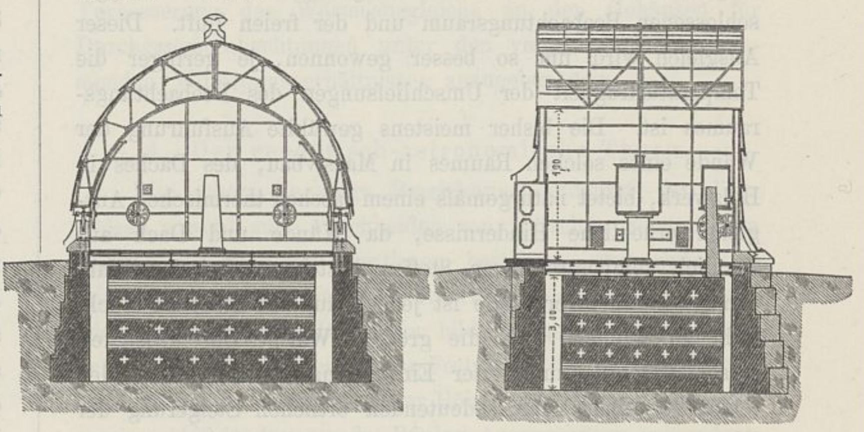


Abb. 12. Querschnitt. Abb. 13. Längenschnitt

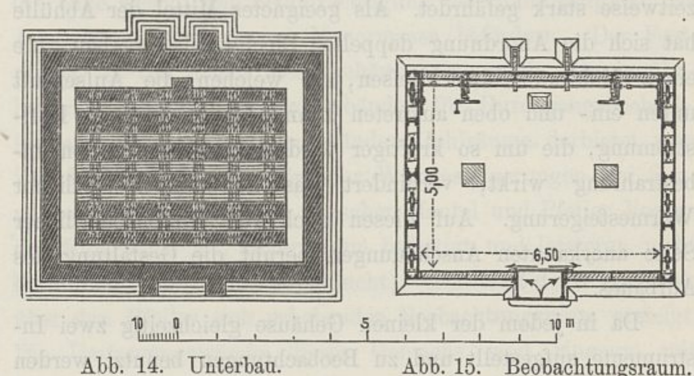


Abb. 14. Unterbau. Abb. 15. Beobachtungsraum.

Haus für Durchgangsbeobachtungen.

Die Gesamt-Anordnung eines dieser Gehäuse ist durch die Abbildungen 12 bis 15 dargestellt. Hiernach zerfällt es in einen massiven Unter- und einen ganz in Metallconstruction gehaltenen Aufbau. Den Unterbau bilden die den Pfeilerkeller gegen das umgebende Erdreich abschliefsenden Umfassungswände und der diesen Keller fast ganz ausfüllende Grundpfeiler, der den Instrumenten sichere Aufstellung bieten soll. Ein ringsum laufender, etwa $1/2$ Meter breiter Zwischenraum trennt ihn vom Umfassungsmauerwerk, damit die auf letzteres einwirkenden Erschütterungen nicht unmittelbar auf den Pfeiler übertragen werden. Nach oben ist der Pfeilerkeller abgeschlossen durch eine Balkenlage von I-Eisen, auf

deren Flanschen oben und unten Rohglasplatten angeordnet sind. Die obere dieser Plattenlagen, die den Fufsboden des Beobachtungsraumes bildet, ist mit einer Linoleumabdeckung versehen.

Für die Umschliefsungen des Beobachtungsraumes wurde nach eingehenden Berathungen mit den Fachgelehrten eine Herstellung ganz in Metall gewählt, namentlich im Hinblick auf die günstigen Erfahrungen, die bei der hiesigen Sternwarte mit den gegen Ende der 70er Jahre ausgeführten An- und Ausbauten gleicher Art gewonnen worden sind, obgleich wegen der auf den bestehenden Massivbau zu nehmenden Rücksichten die vollständige Durchführung der Metallconstruction im letzteren Fall nicht möglich war. Soweit diesseits bekannt, ist bisher in so vollständiger Weise, wie bei der hier besprochenen Anlage, diese Constructionsweise für ähnliche Zwecke noch nicht zur Anwendung gekommen. Das Ergebnifs dieses Versuches dürfte daher immerhin ein gewisses Interesse beanspruchen.

Eine der Haupt-Anforderungen, die an eine Anlage für Fernbeobachtungen zu stellen sind, bezieht sich auf den möglichst raschen thermischen Ausgleich zwischen dem geschlossenen Beobachtungsraum und der freien Luft. Dieser Ausgleich wird um so besser gewonnen, je geringer die Temperaturträgheit der Umschliefsungen des Beobachtungsraumes ist. Die bisher meistens gewählte Ausführung der Wände eines solchen Raumes in Massivbau, des Daches in Holzwerk, bietet naturgemäfs einem raschen thermischen Ausgleich erhebliche Hindernisse, da Wände und Dach aus ziemlich temperaturträgen Stoffen bestehen. Bei der Wahl von Metall an ihrer Stelle ist jedoch auf den Umstand Rücksicht zu nehmen, dafs die gröfsere Wärme-Durchlässigkeit dieses Materials unter der Einwirkung der Sonnenstrahlen leicht zu einer sehr bedeutenden örtlichen Steigerung der Wärme führt und so den gewünschten Ausgleich wenigstens zeitweise stark gefährdet. Als geeignetes Mittel der Abhülfe hat sich die Anordnung doppelter Blechwände ergeben, die einen Hohlraum umschliefsen, in welchen die Aufsenluft unten ein- und oben austreten kann. Die so erzeugte Luftströmung, die um so kräftiger wird, je stärker die Sonnenbestrahlung wirkt, verhindert das Aufkommen örtlicher Wärmesteigerung. Auf diesen auch von wissenschaftlicher Seite anerkannten Anschauungen beruht die Gestaltung des Aufbaues.

Da in jedem der kleinen Gehäuse gleichzeitig zwei Instrumente aufgestellt und zu Beobachtungen benutzt werden sollen, so wurde die lichte Weite des Raumes in der Richtung der Visirebene auf 6,50 m, in der entgegengesetzten auf 5 m festgesetzt. Diese bescheidenen Abmessungen, denen eine lichte Höhe von 4 m in der Mitte entspricht, legten den Versuch nahe, den ganzen Aufbau des Gehäuses so zu gestalten, dafs Oberwände und Dach ein Ganzes bilden, dieses aber nahe der Visirebene so zu theilen, dafs beide Theile seitwärts auseinandergefahren werden können, um die für die Beobachtungen erforderliche Spaltöffnung in einfachster Weise herzustellen. Diese Anordnung bedingte die gewählte sichelförmige Gestaltung der beweglichen Theile des Gehäuses und bot dabei den Vortheil, dafs alle Bewegungs-Vorrichtungen nahe am Boden, also leicht erreichbar und zugleich im abgeschlossenen Raum den Einflüssen der Witterung entzogen, angeordnet werden konnten. So ist die auf Blatt 47 in ihren constructiven Gerippen und den maschinellen Einzelheiten, sowie durch die Abbildungen 12 bis 15 im ganzen dargestellte Anlage entstanden.

Auf den die Umfassungsmauern des Pfeilerkellers abdeckenden Sandsteinplatten sind die Böcke der Laufräder *A* (Blatt 47, Abb. 1, 2, 3 u. 5) in gewöhnlicher Weise befestigt. Vermittelst der Laufschienen *b* (Abb. 1 u. 2) ruht auf diesen Rädern das ganze bewegliche Obergehäuse, das aus zwei gleichen, nach entgegengesetzter Richtung ausfahrbaren Theilen besteht, sodafs die Spaltöffnung hergestellt werden kann. Zur Ausfahrbewegung dient ein Triebwerk, bestehend aus einer Triebstange *C* (Abb. 1, 3, 4), auf deren beiden Enden die Zahnrollen *D*, *D* sitzen. Durch eins der beiden an der festen Stirnwand des Gehäuses sitzenden Vorgelege *F* kann die Stange nebst den Zahnrollen *D*, *D* in Umdrehung versetzt werden. Dann greifen diese Rollen *D*, *D* in die Zahnräder *E*, *E* ein und setzen hiermit auch die Zahnrollen *G*, *G* (Abb. 3, 6, 8) in Umdrehung. Letztere greifen nach oben hin in die an den Laufschienen der einen Gehäusehälfte befestigten Zahnstangen *H*, *H*, nach unten in die gezahnten Schienen *J*, *J* ein, die durch die Arme *K*, *K* (Abb. 2, 7) mit der anderen Gehäusehälfte verbunden sind. Die Schienen *J*, *J* werden durch die an den Böcken der Laufräder *A* sitzenden Rollen *m*, *m* gegen Versacken geschützt. Es leuchtet ein, dafs ein und dieselbe Drehung von *G*, *G* beide Gehäusehälften in entgegengesetzter Richtung auseinander oder zusammen bewegt, dafs also hierdurch die Spaltöffnung nach Bedarf für die Beobachtungen geöffnet, oder nach deren Beendigung wieder geschlossen werden kann. Es sind zwei seitliche Vorgelege *F*, *F* angeordnet, weil der für nur eine solche Anordnung natürliche Platz in der Mitte der Stange *C* durch einen Uhrpfeiler eingenommen ist. Doch genügt die Benutzung einer dieser Drehvorrichtungen allein, um die Fahrbewegung mit Leichtigkeit zu bewirken. Man bedient sich also derjenigen, die am nächsten zur Hand ist.

Nach aufsen hin sind sowohl die beiden auseinanderfahrbaren Theile des Gehäuses als auch die feststehenden Stirnwände mit einer Wellblechdecke versehen, die einen möglichst hellen Anstrich erhalten hat, nach innen mit Flachblech bekleidet.*) In die so zwischen beiden Blechdecken entstehenden Hohlräume tritt nun von unten her die Aufsenluft ein, und zwar seitlich unter der ausgebogenen Blechbekleidung des die Laufräder usw. enthaltenden feststehenden Gehäusetheils, an den Stirnwänden durch eine ähnliche Ausbiegung der äufseren Blechflächen. Oben tritt die Luft aus den Hohlräumen durch einen Firstkamm aus, der sich auf der ganzen Firstlinie des Gehäuses hinzieht. Bei Anordnung der äufseren Blechbekleidung ist darauf Bedacht genommen, dafs die aufwärts gerichtete Luftbewegung im Hohlraum, die naturgemäfs dicht unter dieser Bekleidung vor sich geht, keinen Widerstand an vorspringenden Constructionsteilen findet, auf eine Dichtung der übereinandergreifenden Horizontalstöfse der einzelnen Blechtafelreihen gegen Lufteintritt aber kein Werth gelegt worden, wenn nur das Eintreiben

*) In der Constructionszeichnung Bl. 47, Abb. 1, 2 u. 3 sind die hier und im folgenden beschriebenen Anordnungen absichtlich weggelassen, um das Gerippe der Anlage deutlicher darzustellen. Aus den Abbildungen 12 bis 15 im Text sind sie dagegen zu ersehen.

von Regen und Schnee verhindert ist. Der Luftzutritt an diesen Stellen kann den beabsichtigten Wärmeausgleich ja nur befördern.

Obgleich der untere, etwa 1 m hohe Theil der seitlichen Raumeinschliefsung, der die Laufrollen usw. enthält, nicht an der Bewegung des Oberbaues theilnimmt, diesen Theil des Raumes also stets nach aufsen hin deckt, so tritt doch mitunter das Bedürfnifs ein, auch bis zu gröfserer Höhe hinauf bei geöffnetem Spalt das Instrument usw. gegen unmittelbare Einwirkungen der Aufsenluft zu schützen. Wenigstens wurden hierauf abzielende Wünsche bei der Berathung der Anlage laut. Daher sind an den beiden den Spalt begrenzenden Bindern des Gehäuses Bügel angeordnet, an welchen sich, auf Ringen befestigt, ein aus dichtem Stoff bestehender Vorhang nach Bedarf in die Höhe ziehen und herabsenken läfst. Die Breite dieses Vorhanges ist so bemessen, dafs dieser bei ganz geöffnetem Spalt völlig gespannt ist, bei verminderter Oeffnung und ganz geschlossenem Spalt aber sackartig herabhängt. Er behindert also die Bewegung des Aufbaues nicht.

In der dem Uhrpfeiler gegenüberstehenden Stirnwand des Gehäuses liegt der Eingang mit doppeltem Thürverschlufs und Entlüftung des zwischen beiden Thürabschlüssen befindlichen Hohlraums. Auf Wunsch der Nutzniefser wurde von der Anordnung gröfserer Fenster abgesehen und nur durch einige kleine Glasscheiben, die in den Blechwänden der Nordseite eingelassen sind, für eine mäfsige Erhellung des Raums bei geschlossenem Spalt gesorgt.

Wenn die hier beschriebenen Anordnungen auch starke Temperaturunterschiede bei Sonnenbestrahlung beseitigen und so den thermischen Ausgleich zwischen Aufsen- und Innenluft in einem für die gewöhnlichen Arbeiten ausreichenden Mafse bewirken, so entsprechen sie doch nicht den weitestgehenden Anforderungen, wie sie für gewisse Feinbeobachtungen gestellt werden. Auch das Metall zeigt immer noch eine gewisse Temperaturträgheit, sodafs sich oft noch Unterschiede bis zu 1 Grad zwischen der Aufsen- und Innentemperatur ergaben und bei geöffnetem Spalt längere Zeit erhielten. Daher mufste auf Einrichtungen Bedacht genommen werden, die einen möglichst vollständigen und stetigen Ausgleich zwischen Aufsen- und Innenluft auch dann gewähren können, wenn es sich nur um geringe Temperaturverschiedenheiten handelt, deren Ausgleich natürlich viel schwieriger wird, als bei hohen Unterschieden der Fall ist. Zunächst werden hierfür in den feststehenden Umfassungstheilen die inneren Blechwände ringsum in Höhe von etwa 1 m zum Aufklappen eingerichtet, damit die Aufsenluft unter dem aufgebogenen Rande der äufseren Blechwände unmittelbar ins Innere eindringen kann, aufserdem aber auch im First des Gehäuses ineinandergesteckte Doppelröhren angebracht, die so geordnet sind, dafs durch das innere Rohr die kühlere Aufsenluft ein- und durch den Ringraum des äufseren Rohrs die wärmere Raumluft ins Freie austreten kann. Gewöhnlich zeigt sich nämlich der störende Unterschied der Temperaturen in der Abendkühle, wenn der Innenraum den sinkenden Wärmegraden der Aufsenluft nicht rasch genug folgen kann. Bemerkt sei, dafs die Klappenanlagen am Fufse des Gehäuses auch noch den Vortheil bieten, das Laufwerk ganz freilegen und auf diese Weise leicht beaufsichtigen, reinigen und in Stand setzen zu können.

Die oben erwähnten Feinbeobachtungen besonderer Art, die an dem Institut u. a. für die sorgfältigsten Bestimmungen der geographischen Breite angestellt werden, bedingen übrigens auch noch in anderer Hinsicht gewisse Sondereinrichtungen, die sich nicht wohl ohne Beeinträchtigung des laufenden Dienstes in einem der Durchgangs-Gehäuse treffen liefsen. So müfste z. B. der Instrumentenpfeiler in der Mitte des Gehäuses aufgestellt werden, da sich ergeben hat, dafs eine seitliche Stellung, welche für gewöhnliche Beobachtungen unbedenklich ist, hier zu Störungen der exacten Aufnahme führt. Eine dahingehende Aenderung würde aber die Zahl der Beobachtungsstellen, die für Einübung jüngerer Geodäten, Prüfung der Feldinstrumente und Aehnliches, in der geplanten Weise als nöthig erachtet werden, vermindern und so den laufenden Dienst der Anstalt beeinträchtigen. Es liegt deshalb in der Absicht, für diese Zwecke eine besondere kleine Anlage mit eigenartigen Vorrichtungen herzustellen. Ueber diese gegenwärtig noch in Vorbereitung begriffene Anlage kann vielleicht später Einiges mitgetheilt werden. Bei dieser Gelegenheit wird denn auch Näheres über den Erfolg der oben geschilderten Einrichtungen zur Verbesserung des Wärmeausgleichs an den Gehäusen für Durchgangsbeobachtungen unter den verschiedenen vorkommenden Witterungsverhältnissen anzugeben sein.

4. Der geodätisch-astronomische Thurm.

Wie schon die obige Bezeichnung andeutet, ist diese Anlage sowohl zum Anschneiden von irdischen Fernpunkten (Miren) als auch von Gestirnen bestimmt, und zwar vermittelst sogenannter Universal-Instrumente (Theodolithe usw.). Die Hauptmasse des Bauwerks bildet daher ein etwa 15 m hoher, in Backstein gemauerter Festpfeiler für die Aufstellung der Instrumente in horizontfreier Höhe. Wie die Abb. 16 bis 18 ergeben, sind im Inneren des Pfeilers Aussparungen angeordnet, die ohne wesentliche Beeinträchtigung der Standfestigkeit das Austrocknen der ganzen Mauermasse befördern. Der Festpfeiler ist von einem Metallgehäuse ummantelt, das in ähnlicher Weise wie bei den Gebäuden für Durchgangsbeobachtungen zwischen den Blechwänden Hohlräume darbietet zum Zweck des Abhaltens störender Wärmesteigerungen bei Sonnenbestrahlung. In dem zwischen Mantel und Pfeiler liegenden Ringraume ist, an ersterem befestigt und letzteren nicht berührend, die Treppe angebracht, vermittelst derer man den über den Pfeiler sich erhebenden Beobachtungsraum ersteigt. Die Umfassungswände dieses Gemachs sind ringsum mit Schiebefenstern versehen, die nach allen Seiten den Blick ins Freie gestatten, um irdische Fernobjecte mit dem Instrument anschneiden zu können. Zum Zweck von Sternbeobachtungen krönt das Ganze eine Drehkuppel in der bei Sternwarten üblichen Anordnung. Ein den oberen Theil des Thurms umgürtender, vorgekragter Laufgang, der in gleicher Höhe mit dem Fufsboden des Beobachtungsraumes liegt, gestattet den Austritt ins Freie und erleichtert das Aufziehen gröfserer Gegenstände, deren Transport über die Treppe schwierig wäre, durch einen drehbaren Ausleger mit Flaschenzug. Auf dem Festpfeiler stehend, ragen fünf Instrumentenpfeiler in den Beobachtungsraum und bieten ebensoviel verschiedene Aufstellungspunkte für Theodolithe usw., sodafs zu jeder Fernbeobachtung stets eine passende Aufstellung

gefunden werden kann, in der kein fester Bautheil den Ausblick stört.

Der den Festpfeiler nach aufsen hin schützende, namentlich den Einwirkungen der Sonne und des Windes nach

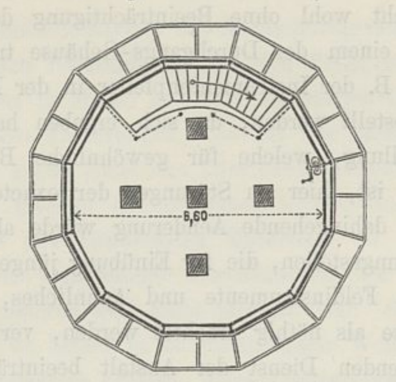


Abb. 16. Oberer Grundrifs.

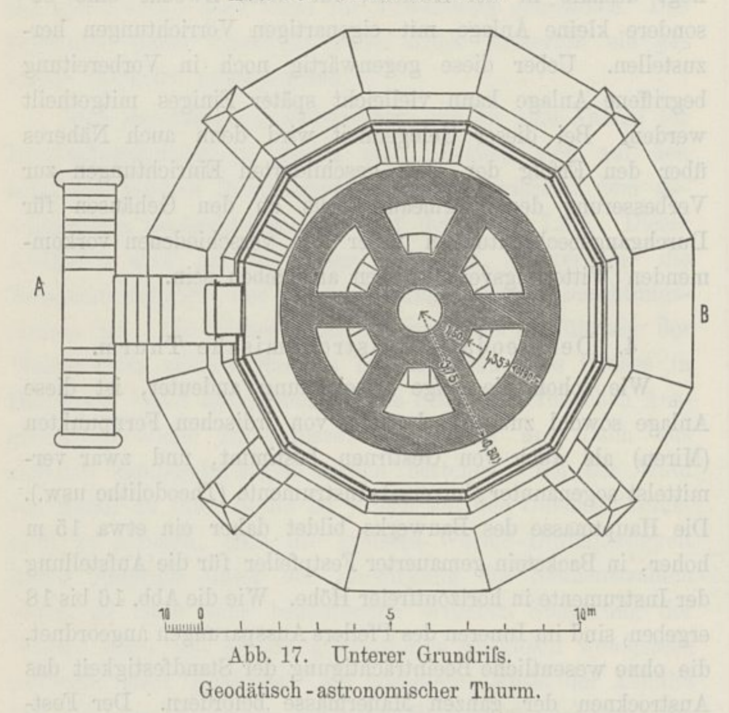


Abb. 17. Unterer Grundrifs.
Geodätisch-astronomischer Thurm.

Möglichkeit entziehende Metallmantel besteht in seinem tragenden Gerippe aus zwölf Eckpfosten von I-Eisen, die auf der Sandsteinabdeckung des Pfeilerkeller-Mauerwerks ruhen und vermittels eines dort gelagerten Ringes aus [-Eisen befestigt sind. Vier Anker, die in vier diagonal gestellten, an die Kellermauern angeschlossenen Mauerpfeilern ihren Halt finden, versteifen das Gehäuse gegen den Angriff starker Windstöfse. Der conischen Gestaltung des Festpfeilers entsprechend ist auch das Thurmgehäuse nach oben hin verjüngt. An seiner Aufsenseite sind Wellblechtafeln, an der inneren solche von Flachblech in gleicher Weise wie bei den Gehäusen für Durchgangsbeobachtungen befestigt und umschliefsen den am unteren Ende durch eine Ausbiegung des Aufsenblechs geöffneten Hohlraum. Der hölzerne Schwebeboden des 12seitigen, 6,60 m im Durchmesser grofsen Beobachtungsraumes ruht auf dem oberen Ende dieses Mantelgerüstes, über dem sich die senkrechten Umfassungswände des Observatoriums erheben. Sie bestehen aus zwölf Eckpfosten mit doppelter Blechbekleidung bis zur Brüstungshöhe, über welcher sich zwölf Fensteröffnungen bilden, die durch je zwei Schiebefenster geschlossen werden. Zum Zweck der Beobachtung wird die betreffende Oeffnung durch Hinablassen der beiden Fensterflügel in die Brüstung freigemacht, in ähnlicher Weise, wie dies bei Wagenfenstern üblich ist. Ueber den Fenstern ist an den Pfosten der Umfassungswand auf schmiedeeisernen Consolen die Laufschwelle für die Drehkuppel gelagert. Durch diese, sowie durch das auf ihr

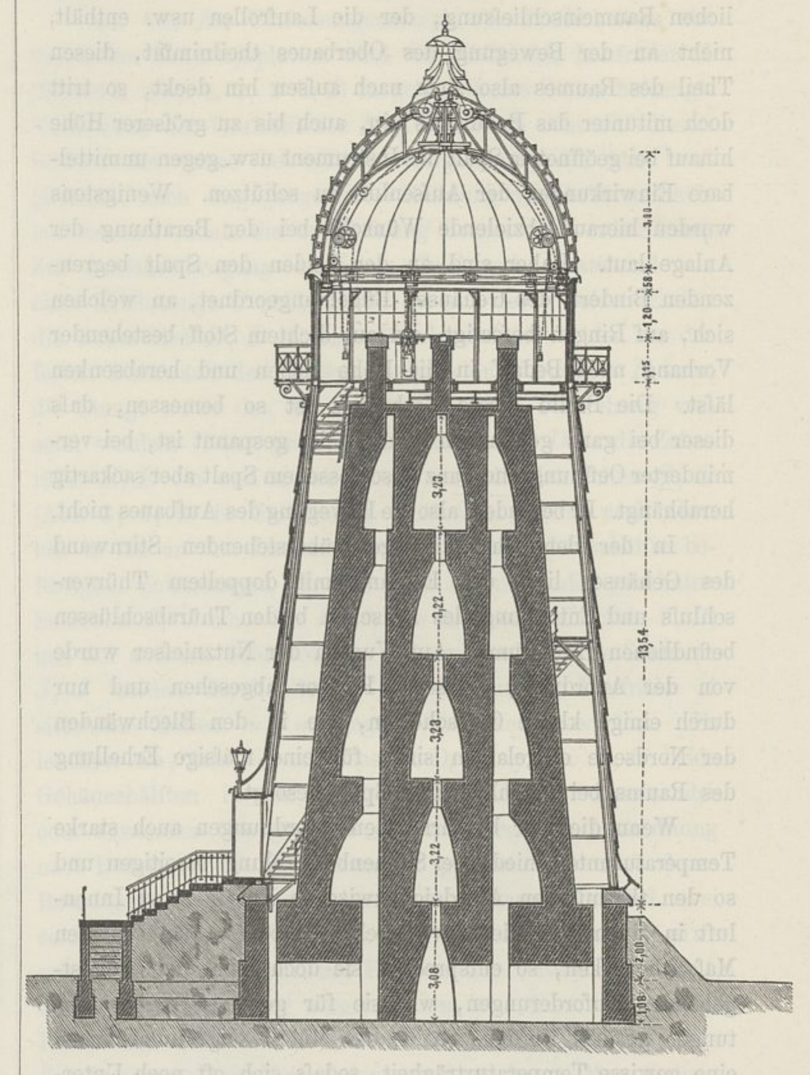


Abb. 18. Geodätisch-astronomischer Thurm.
Schnitt.

ruhende Rollenwerk wird zwar auf eine gewisse Breite der Ausblick ins Freie gesperrt, doch stört diese Sperrung nicht, da über dem durch den Laufkranz nach oben begrenzten Gesichtsfeld keine irdischen Fernmiren liegen, das Gesichtsfeld für die Sternbeobachtungen aber erst über dem Rollenwerk der Drehkuppel beginnt.

Die Abbildungen auf Bl. 46 stellen die constructiven Anordnungen des Observatoriums mit besonderer Rücksicht auf die Bewegungseinrichtungen der Drehkuppel dar. Das Laufwerk gleicht in allen wesentlichen Theilen demjenigen der Kuppel für photographische Himmelsaufnahmen, deren Einrichtung im ersten Abschnitt dieser Abhandlung näher dargelegt ist. Nur die Bewegungsübertragung erfolgt nicht, wie dort, durch den Eingriff eines Zahnrades in Triebstöcke, sondern durch ein um den Laufkranz der Kuppel gelegtes Drahtseil ohne Ende (in Abb. 1 durch eine punktirte Linie angedeutet), das über die Leitrollen *c c*, Abb. 2 und *a a*, Abb. 1, nach dem Innern des Beobachtungsraums und von da abwärts zu einer Art Winde (*b b*, Abb. 1 und Abb. 5) geführt wird. Hier kann das durch Gewichte stets gespannte Seil durch Drehen der Kurbel nach der einen oder der andern

Richtung angezogen und so die Drehung der Kuppel im gewünschten Sinne bewirkt werden.

Bei der in den Abb. 1 und 2 dargestellten Construction der Kuppel selbst ist auf Entlüftung des zwischen den beiden Deckhäuten befindlichen Hohlraumes besondere Rücksicht genommen. Durch sichelförmige Gestaltung der Binder erweitert sich der senkrechte Schnitt jenes Hohlraumes nach oben hin und ersetzt so den Verlust an Inhalt, den er durch die naturgemäfse Verminderung des wagerechten Querschnitts nach oben hin erleidet, sodafs die nach oben abströmende Luft überall wenigstens annähernd gleiche Rauminhalte vorfindet. Da der Spalt im Zenith der Kuppel eine Sperrung erhalten durfte, so ist hier Raum zu einem ausreichenden Entlüftungsrohr gewonnen. Bemerkt sei, dafs die Zenithsperrung hier in sehr erheblicher Breite zulässig ist, weil die seitlichen Beobachtungspfeiler stets Gelegenheit zum Aufstellen des Instrumentes an einem Punkte bieten, der weit genug vom Kuppelzenith entfernt ist, um trotz der Sperrung Beobachtungen am Himmelszenith zu gestatten.

Der Beobachtungsspalt zerfällt beiderseit des Zeniths in zwei symmetrisch angeordnete Theile, die von der Zenithsperrung bis nahe zum unteren Rande der Kuppel reichen. Die

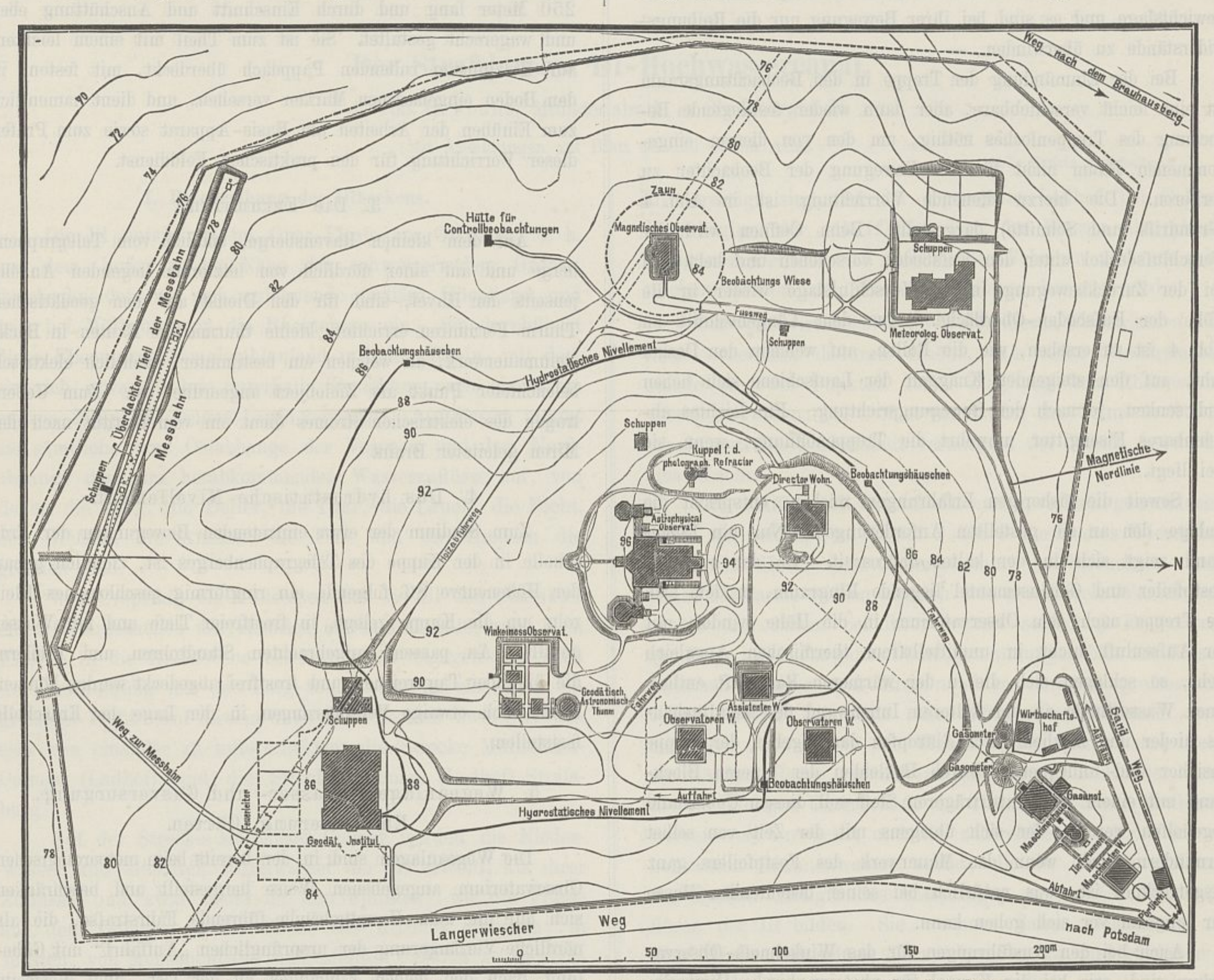


Abb. 19. Lageplan der wissenschaftlichen Institute auf dem Telegraphenberge bei Potsdam.

Spaltbreite ist auf 1,20 m bemessen. Die Verschlufs- und Bewegungsvorrichtungen sind für jede Spalthälfte besonders zu einander symmetrisch angeordnet. Als Verschlufs dienen Rollblenden aus Kupferwellblech, welche beiderseits durch untergenietete flache Kupferblechbänder gesäumt sind, mittels deren sie auf den Gleitrollen r, r (Abb. 1, 7) glatt aufliegen und so beim Auf- und Abziehen keine störende Reibung verursachen. Durch diese Bänder sind die Rollblenden zugleich oben an der Aufwickelungstrommel T (Abb. 1 u. 6) befestigt, während erstere an ihrem unteren Ende in dünne Drahtseile auslaufen, die sich auf die Seiltrommeln M und N (Abb. 1, 2 u. 7) aufwickeln können. Von der Trommel N, die etwas breiter als M angelegt ist, geht ein zweites Drahtseil nach der Vorrichtung zum Bewegen der Rollblende, nämlich zu der konischen Seiltrommel W (Abb. 1), die durch die Seilscheibe S (Abb. 1) mittels einfacher Zahnradübertragung in Drehung versetzt werden kann. Auf derselben Welle wie W sitzt eine zweite Seiltrommel S^I, von welcher über verschiedene Leitrollen (l, l Abb. 1, 3, 6) ein Seil nach dem Flaschenzug F (Abb. 1, 3, 6) geht. Die Rollen dieses Flaschenzuges lagern in der Mitte eines Balkens B (Abb. 1, 3, 6), der an jedem Ende drei Seilrollen (H, H Abb. 3) führt. Diese bilden mit den über ihnen gelagerten Rollen R, R (Abb. 1, 3) wieder je einen Flaschenzug. Das eine Ende des hierbei benutzten Seiles ist bei x, x (Abb. 3) befestigt, das andere geht über die Seilrolle L, L (Abb. 1, 3, 6) zur Seiltrommel O, O (Abb. 3), die mit der Trommel zum Aufwickeln der Rollblende T, T (Abb. 1, 6) auf derselben Welle sitzt. Wird nun die Seilscheibe S (Abb. 1) gedreht, so überträgt sich

diese Bewegung auf die konische Seiltrommel W (Abb. 1) und die mit letzterer auf einer Welle sitzende Seiltrommel S^I (Abb. 1), und bewirkt so ein Auf- und Abwickeln der Rollblende. Ist letztere herabgelassen, so sind die Gewichte G, G (Abb. 3, 6) durch den aufwärts bewegten Balken B (Abb. 1, 3, 6) ebenfalls bis zum höchsterreichbaren Punkt gehoben und stehen mit der Blende im Gleichgewicht. Beim Aufziehen der letzteren gehen die Gewichte nach und nach abwärts, und legen sich eins nach dem anderen auf die an den Stangen P (Abb. 3, 6) angebrachten Ansätze, wodurch sie nach und nach aufser Wirksamkeit treten. So befindet sich die Rollblende in jeder Stellung in der Gleichgewichtslage und es sind bei ihrer Bewegung nur die Reibungswiderstände zu überwinden. —

Bei der Einmündung der Treppe in den Beobachtungsraum ist eine leicht verschiebbare, aber dann wieder festliegende Bedeckung des Treppenloches nöthig, um den von diesem eingenommenen Raum nicht für die Bewegung der Beobachter zu verlieren. Die hierzu dienende Vorrichtung ist in Abb. 4 (Grundrifs und Schnitte) dargestellt. Beim Oeffnen wird der Verschlufsdeckel unter den Fufsboden verschoben und hebt sich bei der Zurückbewegung in die Verschlufslage wieder in die Höhe der Fufsboden-Oberfläche. Aus dem Längenschnitt zu Abb. 4 ist zu ersehen, wie die Rollen, auf welchen der Deckel ruht, auf den steigenden Knaggen der Laufschiene sich heben und senken, je nach der Bewegungsrichtung. Ein leichtes abnehmbares Eisengitter umwehrt die Treppenöffnung, wenn sie frei liegt.

Soweit die bisherigen Erfahrungen reichen, entspricht die Anlage den an sie gestellten Anforderungen. Nur ein Uebelstand zeigt sich in der kalten Jahreszeit. Da der zwischen Festpfeiler und Gehäusemantel liegende Ringraum, in dem sich die Treppe nach dem Observatorium in die Höhe windet, mit der Aufsenluft nicht in unmittelbarem thermischen Ausgleich steht, so schlagen sich die in der wärmeren Raumluft enthaltenen Wassertheile an der kälteren Innenwand des Metallgehäuses nieder und machen durch Abtropfen das Begehen der Treppe unsicher und unbequem. Durch Bekleiden der inneren Blechwand mit einem temperaturträgeren Stoff soll diesem Uebelstand abgeholfen werden, der sich übrigens mit der Zeit von selbst vermindern wird, wenn das Mauerwerk des Festpfeilers ganz ausgetrocknet ist, was natürlich bei seiner bedeutenden Masse nur langsam vor sich gehen kann.

Auch bei den Ausführungen für das Winkelmefs-Observatorium sind, wie bei der Kuppel für photographische Himmelsaufnahmen, die tragenden Metalltheile von der Firma Brettschneider u. Krügner, die maschinellen Anordnungen für die Bewegungen an den Durchgangshäusern und dem geodätisch-astronomischen Thurm von der Firma C. Hoppe, beide in Berlin, im einzelnen durchgearbeitet und ausgeführt worden.

C. Die Nebenanlagen. (Vergl. den Lageplan Abb. 19.)

1. Der Schuppen

ist westlich vom Hauptgebäude, nahe dem Haupteingang zu den Institutsräumen, angelegt und dient zur Aufbewahrung der schweren und sperrigen Kisten und sonstigen Einrichtungen für das Verpacken der bei den Feldaufnahmen verwendeten Instrumente und Hülfsapparate. Er stellt sich als einfacher, eingeschossiger Bau mit gemauerten Umfassungswänden und flachem Holzcementdach dar. Beiläufig mag hier bemerkt werden, dafs die Anwendung von Holzcement zu den meisten Dächern der Anstaltsgebäude, soweit sie mit den Beobachtungsstellen der Observatorien in näherer Berührung sind, abgesehen von anderen Veranlassungen, namentlich dem Wunsch, die Dächer begehbar einzurichten, um sie zu mancherlei Beobachtungen benutzen zu können, hauptsächlich deshalb gewählt wurde, weil diese Dachdeckungsweise geringere Wärmestrahlungen veranlafst, als Ziegel-, Schiefer- oder Metallbedachung.

2. Die Mefsbahn

liegt an der Südgrenze des eingefriedigten Anstaltsgebietes, ist etwa 250 Meter lang und durch Einschnitt und Anschüttung eben und wagerecht gestaltet. Sie ist zum Theil mit einem leichten, auf Holzpfosten ruhenden Pappdach überdeckt, mit festen, in den Boden eingelassenen Marken versehen, und dient namentlich zum Einüben der Arbeiten am Basis-Apparat sowie zum Prüfen dieser Vorrichtung für den praktischen Felddienst.

3. Die Fernmiren.

Auf dem kleinen Ravensberge, südlich vom Telegraphenberge und auf einer nördlich von letzterem liegenden Anhöhe jenseits der Havel, sind für den Dienst auf dem geodätischen Thurm Fernmiren errichtet, kleine thurmartige Bauten in Backsteinmauerwerk, an welchen ein bestimmter, nächtlich elektrisch beleuchteter Punkt als Zielobject angeordnet ist. Zum Uebertragen des elektrischen Stromes dient ein vom Institut nach den Miren geleiteter Draht.

4. Das hydrostatische Nivellement.

Zum Studium der etwa eintretenden Bewegungen der Erdscholle in der Kuppe des Telegraphenberges ist, ziemlich genau der Höhencurve 86 folgend, ein ringförmig geschlossenes Bleirohr um die Kuppe gelegt, in frostfreier Tiefe und mit Wasser gefüllt. An passend angebrachten Standrohren und Pfeilern, die bis über Tag reichen und frostfrei abgedeckt werden können, lassen sich etwaige Veränderungen in der Lage der Erdscholle feststellen.

5. Wegeanlagen, Wasser- und Gasversorgung, Entwässerung, Gärten.

Die Wegeanlagen sind in der bereits beim meteorologischen Observatorium angegebenen Weise hergestellt und beschränken sich auf die zum Hauptgebäude führende Fahrstrafse, die als nördliche Verlängerung der ursprünglichen „Auffahrt" mit Gabelung nach den beiden Eingängen an der Ost- und Westseite angeordnet ist, und die nöthigen Verbindungswege nach dem Observatorium für Winkelmessungen und der Mefsbahn.

Wasser-, Gasversorgung und Entwässerung sind gleichfalls in derselben Weise wie bei den andern beiden Anstalten geordnet. Die Röhren der Wasserversorgung haben unmittelbaren Anschlufs an das Druckbecken auf dem Wasserthurm beim Hauptgebäude der astrophysischen Warte.

Zu jeder der im Hauptgebäude enthaltenen Dienstwohnung ist an der Ost- und Südseite dieses Gebäudes ein angemessenes Gartenstück eingefriedigt, das den Nutzniefsern dieser Wohnungen unter den gleichen Voraussetzungen wie bei den anderen Anstalten zur Verfügung steht.

Zum Schlufs habe ich noch die angenehme Pflicht des Dankes gegen die Fachgenossen zu erfüllen, die mir beim Auf-

stellen und Durcharbeiten der Entwürfe für alle hier besprochenen Neubauten der meteorologisch-magnetischen und der geodätischen Anstalten, sowie bei Ausführung dieser Bauten getreulich zur Seite gestanden haben. In ersterer Hinsicht nenne ich zunächst Herrn Landbauinspector Ditmar, sowie die Herren Regierungsbaumeister Fasquel und Engel, von welchen der erstere als mein damaliger Assistent im Cultusministerium beim Aufstellen der ersten Entwürfe erfolgreich sich betheiligte, auch den Entwurf zum magnetischen Observatorium im einzelnen durcharbeitete, während den beiden Baumeistern die Einzeldurcharbeitung der übrigen Bauten oblag. Für die sorgsame und sachkundige Leitung der Bauausführungen selbst habe ich dem damaligen Kreisbauinspector in Potsdam, jetzigen Regierungs- und Baurath in Berlin, Herrn Saal, meine besondere Anerkennung auszusprechen. Unter den bei der Ausführung betheiligten jüngeren Fachgenossen hat sich Herr Baumeister Engel durch Eifer und Umsicht besonderen Anspruch auf meinen Dank erworben. Spieker.

Der Strafsburger Ill-Hochwassercanal.

Von H. Fecht, Ministerialrath in Strafsburg i. E.

(Mit Abbildungen auf Blatt 48 und 49 im Atlas.)

I. Beschreibung des Illbeckens.

Die Ill entspringt im Ober-Elsafs am Glasberg, d. h. aus dem Jura, in der Nähe der schweizerischen Grenze, durchschneidet das sich anlehnende tertiäre Hügelland und tritt bei Mülhausen in die Rheinebene ein. Sie durchfliefst diese Ebene ungefähr gleichlaufend mit dem Rhein, mit dem sie sich etwa 20 km unterhalb Strafsburg nach einem im ganzen 207,7 km langen Laufe vereinigt. Auf diesem nimmt sie sämtliche vom Ostabhange der Vogesen und dem Nordabhange des Jura herabkommenden Wasserzuflüsse auf, von denen die Larg, die Doller, die Thur, die Lauch, die Fecht, der Giefsen, die Andlau, die Ehn und die Breusch die gröfsten sind.

Vom Ursprung bis Mülhausen hat die Ill den Charakter eines Gebirgsbaches mit ziemlich starkem Gefälle; nach dem Eintritt in die Rheinebene bei Mülhausen dagegen und nach der Vereinigung mit der Larg und Doller ist sie schon ein gröfserer Flufs. Auf diesem unteren Laufe sind zwei Strecken sehr von einander zu unterscheiden: die Strecke Mülhausen-Colmar (Ladhof) und die Strecke Colmar- (Ladhof) Strafsburg.

Auf der Strecke Mülhausen-Colmar werden die Niederwasser und kleineren Mittelwasser der Ill sowohl, als ihrer Zuflüsse und zwar meist an den Punkten, wo die Flüsse aus dem Gebirge in die Ebene des Rheines eintreten, in uralten, von Menschenhand hergestellten Canälen zu gewerblichen und Wässerungszwecken abgeleitet. Solche Canäle sind: der Quatelbach und Vaubancanal, das Steinbächlein, das Dollerbächlein, der Semcheimer Gewerbecanal und der Thurcanal. Die gröfsten von diesen vereinigen sich erst unterhalb Colmar wieder mit der Ill und so kommt es, dafs zwischen Mülhausen und Colmar das Flufsbett im Sommer, d. h. in der Zeit der kleinen Wasserstände, in der Regel alljährlich während 2 bis 3 Monate nahezu trocken liegt. Es ist hier eigentlich nur Hochwassercanal und als solcher in den Jahren 1878 bis 1888 zum Schutze des anstofsenden, fruchtbaren Ackerlandes durch Geradelegung und Eindämmung geregelt worden. Eine Ausnutzung desselben zu gewerblichen oder landwirthschaftlichen Zwecken findet auf dieser Strecke nicht statt.

Der Punkt, in dem die Nieder- und Mittelwasser der meisten oberelsässischen gröfseren Zuflüsse wieder mit der Ill vereinigt sind, ist der sogenannte Ladhof bei Colmar. Hier beginnt der schiffbare Teil des Flusses, der gleichzeitig zum Betriebe von bedeutenden Fabriken und von zahlreichen Mühlen und Wässerungsanlagen benutzt wird.

Der volkswirthschaftliche Werth dieses Wasserlaufes wird noch wesentlich dadurch erhöht, dafs seine Niederwasserstände an zwei Punkten durch Zuleitung von Rheinwasser verstärkt werden: bei Colmar vermittelst des Colmarer Zweigcanals und bei Schlettstadt vermittelst der Blind, bezw. des Quatelbaches.

Die schiffbare Ill durchfliefst nun in vielfach gewundenem Laufe ein reiches, im Mittel 2 bis 3 km breites Wiesenthal, das sie bei Hochwasser überschwemmt und befruchtet. Zahlreiche Flufsarme wirken alsdann wie ebensoviele Wässerungscanäle und haben bei ihrer weiten seitlichen Erstreckung zur Folge, dafs das ganze Überschwemmungsgebiet des Flusses zwischen Colmar und Erstein einen einzigen grofsen See bildet. Dieser See füllt sich aufserordentlich rasch, weil mit dem Anwachsen des Flusses, das immer eine Folge mehrtägiger Regen bei nahezu gesättigtem Boden ist, auch der im kiesigen Untergrunde des Illthales vorhandene Grundwasserstrom anwächst und die zahlreichen Quellen, die sogenannten Brunnenwasser speist, die in den Vertiefungen des flachen Thalgrundes entspringen und regelmäfsige Zuflüsse der Ill bilden. Sie wachsen daher gleichzeitig mit dem Flusse und seinen Verzweigungen an und beginnen in der Regel schon auszutreten, ehe der Flufs selbst noch seine Ufer übersteigt. Das überfluthende Hochwasser findet daher den Thalgrund schon theilweise überschwemmt und breitet sich dann mit grofser Schnelligkeit über die ganze Fläche aus. Dieser Überschwemmungssee, der seine gröfste Breite bei Schlettstadt erreicht, und der bei einem Winterhochwasser etwa 60 Millionen Cubikmeter Wasser fafst, entleert sich dann verhältnifsmäfsig langsam und bildet daher ein riesiges Hochwasserbecken, das auf die Abflufsverhältnisse der Ill von entscheidendem Einflufs ist. Ihm allein ist es zuzuschreiben, dafs die stärksten Hochwassermengen der Ill nicht auf ihrer untersten Strecke, sondern im mittleren Laufe des Flusses, in der Gegend von Colmar vorkommen. Die regelmäfsige Wiederkehr der Überschwemmungen der Ill ist die Grundbedingung für das Bestehen der zahlreichen landwirthschaftlichen Bevölkerung dieser Gegend.

Es wird Gegenstand einer späteren Abhandlung sein, diese Verhältnisse näher darzulegen und zu zeigen, welche technischen Mafsregeln seitens der Landesverwaltung zum Theil durchgeführt, zum Theil in Aussicht genommen sind, um die Ausnutzung des Hochwassers unter allen Umständen sicher zu stellen.

II. Wasserabflufsverhältnisse der Ill im allgemeinen.

Der typische Verlauf der Wasserstände der unteren Ill ist ungefähr der, dafs sie am höchsten sind im März, sodann bis zum August fallen, von August bis December ansteigen, im Januar etwas abnehmen und hierauf bis zum März wieder wachsen. Selbstverständlich zeigt der Verlauf in den einzelnen Jahren grofse Abweichungen von diesem typischen Verhalten, und in sehr nassen Jahrgängen können auch sommerliche Anschwellungen vorkommen, die ein Austreten des Flusses herbeiführen. Im ganzen ist dies aber selten der Fall und z. B. in dem Zeitraum von 1874 bis 1889 nur zweimal beobachtet worden. Dagegen treten die normalen Winterhochwasser, die das Flufsthal überschwemmen, fast alljährlich einmal, sehr häufig aber zweimal ein, nämlich im Spätjahr (November und December) und im Frühjahr (Mitte Februar bis April).

Aus dem oben über die hydrographischen Verhältnisse im Ueberschwemmungsgebiet der unteren Ill gesagten läfst sich von vornherein schliefsen, dafs auf der Strecke von Erstein bis Strafsburg die Hochwasserführung des Flusses verhältnifsmäfsig kleiner sein mufs, als bei anderen Wasserläufen von ähnlicher Ausdehnung des Niederschlagsgebietes. In gleichem Sinne aber wirkt nun auch die topographische Gestaltung dieses letztern und seine bezügliche Lage zum Flusse. Das Niederschlagsgebiet ist hauptsächlich der Ostabhang der krystallinischen Vogesen mit seinen kurzen, scharf eingeschnittenen und steil abfallenden Thälern, welche die Hochwasser der einzelnen Zuflüsse aufserordentlich rasch abführen. Diese Hochwasser brechen, stets verursacht durch länger andauernde, dem ganzen Gebirgsstocke gemeinsame Regenfälle, beinahe gleichzeitig aus den Thälern hervor und ergiefsen sich in den parallel dem Gebirge fliefsenden gemeinsamen Sammler: die Ill. Ihre Fluthwellen treffen deshalb hier in der Regel nicht zusammen, vielmehr ist meistens die Welle des unteren Zuflusses schon stark im Ablaufen begriffen, wenn diejenige der oberen ankommt, und die ausgleichende Wirkung dieses Vorganges ist um so fühlbarer, als der Sammler auf seinem langgestreckten Laufe nur von einer Seite her gespeist wird. Nur bei langandauernden Hochwasserzeiten, die in den Seitenthälern in kurzer Aufeinanderfolge mehrere Fluthwellen erzeugen, können einzelne dieser letzteren in der Ill örtlich zusammenfallen und bringen dann einen aufserordentlichen Hochwasserstand des Flusses hervor. Solche Ereignisse sind aber stets Ausnahmefälle, die äufserst selten beobachtet wurden. Im ganzen steht die Hochwasserführung der Ill unter der Wirkung der angegebenen Verhältnisse und mufs als eine verhältnifsmäfsig günstige bezeichnet werden.

Nach den bei Erstein vorgenommenen Wassermessungen stellt sich das Verhältnifs zwischen Niederwasser und normalem Hochwasser wie 1 : 28 und das letztere beträgt etwa 1 Liter auf 1 ha Niederschlagsgebiet — beides Zahlen, die im Vergleich zu den entsprechenden Verhältnissen der gröfseren Schwarzwaldflüsse sehr günstig sind.

III. Besondere Wasserverhältnisse der Ill zwischen Erstein und Strafsburg vor Herstellung des Ableitungscanals.

Bei Erstein, einem Städtchen an der Ill, 20 km oberhalb Strafsburg, theilt sich der Flufs in zwei Arme: die Ill und die Kraft. Die Ill behält den bisherigen Lauf von Süden nach Norden bei, nimmt unterhalb Erstein noch zwei kleinere Zuflüsse auf (die Ehn und die Andlau), vereinigt sich vor den Thoren von Strafsburg mit dem gröfsten Vogesenflufs, der Breusch, durchfliefst alsdann die Stadt und tritt 20 km unterhalb derselben in den Rhein. Die Kraft, eine im Jahre 1393 anläfslich einer Belagerung der Stadt Strafsburg zum Zweck der Trockenlegung der Strafsburger Stadtmühlen durch die Belagerer hergestellte Ableitung aus der Ill in den Rhein, ist entstanden durch die künstliche Erweiterung und Vereinigung von mehreren bei Erstein abzweigenden Flufsarmen oberhalb des Dorfes Kraft. Nach ihrer Vereinigung kreuzten sie unter dem Namen „Kraftflufs" den Rhein-Rhonecanal und die Staatsstrafse und 5 km weiter abwärts bei Plobsheim den Rheindamm (vgl. Bl. 48, Abb. 1). Unmittelbar oberhalb des Rheindammes speiste die Kraft einen Gewerbecanal, den Mühlgiefsen, der sich unter dem Namen „krummer Rhein" bei Strafsburg wieder mit der Ill vereinigt. Der Eintritt der Kraft in den Rhein und die Speisung des krummen Rheines wurden durch ein Balkenwehr geregelt.

Von der gesamten, bei Erstein ankommenden Hochwassermenge der Ill, die bis zu 340 cbm in der Secunde beträgt, konnten bei nicht zu hohem Stande des Rheines etwa 90 cbm durch die Kraft abgeleitet werden, während 240 cbm ihren Ablauf in das Illthal nach Strafsburg hatten. Bei hohem Rheinstande wurden diese Verhältnisse noch ungünstiger, weil dann die Kraft infolge des Rückstaues weniger aufnehmen konnte und daher ein gröfserer Theil des Hochwassers den Ablauf ins Illthal nahm. Wenn nun mit obiger Wassermenge von 240 cbm und mehr die Fluthwellen der Zuflüsse zwischen Erstein und Strafsburg zusammenfielen, so konnte die durch die Stadt zu leitende Hochwassermenge bis über 400 cbm in der Secunde anwachsen. Eine solche Wassermenge abzuführen waren die zwei Canäle, in welchen die Ill durch Strafsburg geleitet wird, weitaus nicht genügend und jedes gröfsere Hochwasser erzeugte daher Ueberschwemmungen in der Stadt selbst und namentlich auch in den nördlichen und südlichen Vororten, deren Folgen mit der von Jahr zu Jahr zunehmenden Bebauung des Stadtgebietes immer verderblicher wurden. Sie bedeckten die Strafsen oft über 1 m hoch mit Wasser und richteten, besonders in den Kellern, vielfache Zerstörungen an Hausrath und Vorräthen an. Bei aufserordentlichen Hochwassern der Ill wurden in der Strafsburger Altstadt nach angestellten Erhebungen etwa 2350 Gebäulichkeiten durch Ueberschwemmung der Keller usw. geschädigt und in den südlichen Vororten stand das Hochwasser von 1876 so hoch, dafs man die Einwohner aus ihren bis zum ersten Stockwerk überschwemmten Häusern retten mufste. Hierzu kamen schlimme gesundheitliche Nachwirkungen, die sich als Folge der Durchfeuchtung der Keller- und Erdgeschosse und der Verunreinigung der Brunnen im epidemischen Auftreten von Krank-

heiten fühlbar machten. Weitere Hochwasserschäden wurden durch Zerstörung der Saaten in Garten- und Ackerland, durch Beschädigungen an Wegen, Brücken und dem Bahnkörper, sowie durch Ufereinstürze verursacht.

Die Beseitigung dieser Mifsstände wurde für die fernere Entwicklung der Stadt von Jahr zu Jahr immer dringender und schliefslich mit Rücksicht auf die inzwischen beschlossene und in Angriff genommene Stadterweiterung unaufschiebbar. Für das vollständige Gelingen dieser wichtigen Unternehmung bildete die Senkung des Hochwasserspiegels der Ill geradezu die unerläfsliche Voraussetzung, da der gröfste Theil des für die neuen Stadttheile bestimmten Geländes, eine Fläche von ca. 350 ha, erheblich tiefer lag als dieser Hochwasserspiegel. Solange daher letzterer nicht um mindesten 1 m gesenkt werden konnte, hatte man nur die Wahl, entweder sumpfige, fiebererzeugende Stadtteile zu schaffen, oder das ganze Gelände 2 bis 3 m über die ursprüngliche Höhe aufzufüllen, was nur mit grofsen Kosten durchzuführen gewesen wäre.

Diese Verhältnisse gaben dem Verfasser, welchem die Oberleitung der wasserbaulichen Verbesserungen im Becken der Ill übertragen war, Veranlassung, sich mit der Frage eingehend zu beschäftigen, durch welche Mittel die Hochwasser der Ill bei Strafsburg ohne Schädigung anderer Interessen auf das für die weitere Entwicklung der Stadt zulässige Mafs vermindert werden könnten. Das Ergebnifs dieser Studien war der Entwurf des Hochwassercanals bei Erstein, der demnächst in den Jahren 1886 bis 1891 zur Ausführung gekommen ist.

IV. Der Ableitungscanal.

Allgemeine technische Grundzüge des Unternehmens und Vorerhebungen für dasselbe.

Der Grundgedanke des Entwurfes ist der, den Ueberschwemmungssee der Ill oberhalb Erstein durch einen Damm vom westlichen Hochgestade des Illthals bis zum Rheine abzuschneiden und das Hochwasser in einem von der Ill abzweigenden und längs des genannten Dammes bis in das Hochwassergebiet des Rheins führenden Canal in den letzteren abzuleiten.

Die in dem Plan gewählte Abzweigungsstelle des Hochwassercanals von der Ill oberhalb Erstein (Bl. 48, Abb. 1) ist durch die natürlichen Verhältnisse gegeben, denn die Gestaltung des Geländes und die Höhenverhältnisse haben zur Folge, dafs im ganzen untern Illthale kein zweiter Punkt zu finden ist, an dem die Hochwasser der Ill vollständig abgefangen und bei jedem Wasserstande des mit ihr gleichfliefsenden Rheines mit genügendem Gefälle in diesen abgeworfen werden könnten. Die Ursache, warum dies an dem gedachten Punkte möglich ist, liegt darin, dafs das Illthal bei Erstein eine scharf ausgesprochene Bodenabstufung bildet. Hier liegen schon seit unvordenklicher Zeit in kurzer Entfernung unter einander drei Mühlwehre, die heute ein Gefälle von 3,5 m auf nicht ganz 2 km Länge vereinen.

Erstein ist ein schon sehr alter Ort. Er war erst keltische Niederlassung, sodann römischer Militärposten und unter den merovingischen und karolingischen Königen villa regia. Im Jahre 817 wurde die Abtei zu Erstein gegründet, und es ist anzunehmen, dafs schon in dieser Zeit daselbst Mühlen bestanden haben. Die jetzigen Mühlen werden urkundlich zum ersten Male erwähnt im Jahre 1336. Jedenfalls ist also die Anstauung des Wassers hier Jahrhunderte alt, und hieraus erklärt es sich, dafs heute die Thalsohle infolge der alljährlichen Ueberschwemmungen dem Stau des Wasserspiegels entsprechend aufgelandet ist. Sie bildet eine Treppe, auf deren oberer Stufe der Hochwassercanal von der Ill abgezweigt wird.

Der Höhenunterschied zwischen dem Hochwasserspiegel der Ill an diesem Punkte und dem Hochwasserspiegel des Rheines an dem Punkte, in dem der Hochwassercanal den Rheindamm kreuzt, d. h. am Plobsheimer Wehr (Bl. 48, Abb. 1), betrug nach den vorhandenen Aufnahmen bei den gröfsten gleichzeitigen Ill- und Rheinhochwassern der letzten Jahrzehnte im Mittel 5,40 m und bei dem gröfsten bis 1880 beobachteten Rheinhochwasser von 1852 noch immer 4,80 m. Dieses Gefälle ist jetzt noch um mindestens 60 cm vermehrt worden dadurch, dafs man die Kraft vom Plobsheimer Wehr bis zu ihrer Einmündung in das Mittelwasserbett des Rheins, d. h. also auf ihrem Laufe durch das Hochwasserprofil des Stromes vermittelst eines rechtsseitigen Leitdammes (Bl. 48, Abb. 1), gegen diesen abgesperrt hat, sodafs die Vereinigung von Kraft und Rhein jetzt bei jedem Wasserstande erst 4 km abwärts des Plobsheimer Wehres erfolgt.

An diesem neuen Vereinigspunkt liegt der Hochwasserspiegel des Rheines 1,98 m tiefer als am Plobsheimer Wehre, dem alten Einmündungspunkte der Kraft in das Hochwassergebiet des Rheines.

Diese Höhenverhältnisse lassen erkennen, dass die Ableitung des Hochwassers aus dem Ueberschwemmungsgebiet der Ill in jedem Falle möglich ist. Die entscheidende Voraussetzung für die Wirksamkeit der Anlage war somit bei der Wahl des Abzweigungspunktes oberhalb Erstein gegeben; es blieben aber noch verschiedene technische Fragen klarzustellen, deren Beantwortung für den Nutzen des Unternehmens von erheblicher Bedeutung war, namentlich, ob die Stadt Strafsburg nach Ableitung der Ill-Hochwasser bei Erstein auch beim Eintritt eines sehr starken Hochwassers der zwischen Erstein und Strafsburg einmündenden Zuflüsse, oder eines sehr starken Rheinhochwassers am Einmündungspunkt der Ill vor der Gefahr einer Ueberschwemmung gesichert bleibt und ob nicht durch die verstärkte Zuleitung von Illwasser in den Rhein bei Erstein die Ueberschwemmungsgefahr für die am Rhein zwischen der Kraftmündung und Illmündung liegenden Ufergemarkungen in bedenklicher Weise erhöht wird.

Hierzu sei bemerkt, dafs bisher die gröfsten Hochwassermengen, die nach Strafsburg gelangt sind, rund 400 cbm betrugen. Wenn aber die erstrebte Senkung des Hochwasserspiegels um mindestens 1 m erreicht werden soll, so dürfen künftig höchstens 225 cbm nach Strafsburg kommen. Die Hochwasser der Zuflüsse zwischen Erstein und Strafsburg bringen nun im äufsersten Falle 150 cbm in der Secunde, also 75 cbm weniger als die zulässige Hochwassermenge, und es kann deshalb selbst in einem solchen Falle immer noch so viel Wasser bei Erstein in die Ill eingeleitet werden, dafs die zwischen Erstein und Strafsburg liegenden Triebwerke arbeiten können, soweit sie nicht unter dem unmittelbaren Rückstau der erwähnten Zuflüsse liegen. Auch

ein schädlicher Rückstau des Rheins von der Illmündung her ist nicht denkbar, weil der gröfste bis jetzt bekannte Rheinwasserstand an der Illmündung immer noch 2,72 m tiefer war, als der Normalwasserspiegel der schiffbaren Ill unterhalb Strafsburgs, ein Höhenunterschied, der zur Ableitung der künftig noch in der Ill ankommenden Hochwasser, d. h. im höchsten Falle 225 cbm vollständig genügt.

Was schliefslich die Frage wegen Vermehrung der Ueberschwemmungsgefahr für die elsässischen und badischen Ufergemeinden am Rhein zwischen der Kraft- und der Illmündung betrifft, so sei bemerkt, dafs nach den angestellten Berechnungen die Erhöhung des Rheinhochwasserstandes infolge der vermehrten Wasserzuführung im ungünstigsten Falle etwa 0,17 m betragen wird. Dies ist ganz unbedenklich, da die Krone der Rheindämme schon jetzt 0,80 m höher liegt, als der höchste bekannte Wasserspiegel, und die Rheinbauverwaltungen beider Uferstaaten unausgesetzt bemüht sind, die Hauptrheindämme zu erhöhen und zu verstärken.

Bei einer so geringen Druckvermehrung kann auch eine bemerkbare Verstärkung der Druckwasser nicht eintreten, wohl aber wird der Abzug des Druckwassers, wenigstens in der Nähe der Ill, durch die Senkung des Wasserspiegels der letztern nach erfolgter Ableitung erleichtert werden.

Sehr wesentlich für den Entwurf der Einzelanlagen des Hochwassercanals war der Gesichtspunkt, dafs für die Wiesen an der Ill zwischen Erstein und Strafsburg die düngenden Wirkungen der austretenden Winterhochwasser erhalten, dagegen die schädlichen Wirkungen der Sommerhochwasser künftig beseitigt werden müssen.

Die Durchführung des Grundgedankens des Unternehmens machte es hiernach erforderlich, die einzelnen Theile des Baues so anzuordnen, dafs unter allen Umständen die vollständige Beherrschung der Wasservertheilung oberhalb Erstein und damit die freie Bestimmung der nach Strafsburg gelangenden Wassermengen bei jedem Wasserstande der Ill gesichert war.

V. Bauentwurf.

Der Hochwassercanal besteht im wesentlichen aus einem durchschnittlich 1,8 bis 2 m tief in das Gelände eingeschnittenen und je nach dem Gefälle 26 bis 40 m in der Sohle breiten Mittelwasserbett, an welches sich auf der linken, Strafsburg zugekehrten Seite ein flachansteigendes, 10 m breites Vorland mit dem Hochwasserdamm anschliefst. Die Dammkrone liegt bei dem gröfsten Hochwasser überall noch mindestens 0,80 m höher als der Spiegel des Ueberschwemmungssees, der sich hiernach auf dem rechten Ufer des Canals frei ausbreiten kann (Blatt 48, Abb. 6).

Nur innerhalb des Dorfes Kraft, von der Kreuzung mit dem Rhein-Rhonecanal bis zur Abzweigung des Langgiefsens (Blatt 48, Abb. 1) wird der ganze Hochwasserstrom in geschlossenem Profil durchgeführt.

Auf der untersten Canalstrecke konnte auf etwa 2 km Länge der vorhandene Kraftdamm als Hochwasserdamm benutzt werden.

Die Länge des Canals von seiner Abzweigung von der Ill am sogenannten Börscheydichel bis zu dem Rheindamm beträgt 8,5 km.

Ungefähr 1 km oberhalb des Dorfes Kraft mündet der Schiffsweg vom Rhein-Rhonecanal nach der Stadt Erstein, Murgiefsen genannt, in den Hochwassercanal ein, der sodann im Dorfe Kraft den Rhein-Rhonecanal in gleicher Höhe kreuzt und unterhalb des Kreuzungspunktes die Staatsstrafse von Strafsburg nach Basel mittels einer Brücke durchschneidet. Durch den oberhalb Kraft gelegenen Hochwasserdamm einerseits und den Damm des Rhein-Rhonecanals anderseits wird der ganze, aus der oberen Illebene ankommende Hochwasserstrom abgeschnitten, in das geschlossene Profil bei Kraft und von hier in das unterhalb der Staatsstrafse Strafsburg-Basel gelegene Ueberschwemmungsgebiet des Rheines geworfen.

Auch auf dieser unterhalb Kraft gelegenen Canalstrecke ist das linke Ufer durch den Hochwasserdamm abgeschlossen, der sich an den oben erwähnten Kraftdamm (Bl. 48, Abb. 1) anschliefst. Letzterer wurde seinerzeit zum Schutze der unterhalb gelegenen Ländereien gegen einen Durchbruch des Rheines erbaut und stöfst am Plobsheimer Wehr auf den Hauptrheindamm. An diesem Punkte tritt das abgeleitete Illhochwasser in das Hochwasserprofil des Rheines ein.

Die Sohle des Hochwassercanals unterhalb des Einlafswehres am Kopf des Canals liegt in Höhe der Illsohle und hat von dort ab auf 5575 m Länge ein Gefälle von 0,8 m $^0/_{00}$, im weiteren Verlauf bis zum Canalende ein solches von 0,4 m $^0/_{00}$.

Dasselbe Gefälle hat das Vorland und die Krone des Hochwasserdammes, letztere bis zu dem Punkte, in dem sie auf die Höhe des bestehenden Kraftdammes ausläuft.

In engem Zusammenhang mit der Anlage des Hochwassercanals steht die Correction der Ill unterhalb der Abzweigung des Canals und diejenige des oben erwähnten Murgiefsens. Die erstere (Bl. 48, Abb. 2) schliefst sich unmittelbar an den Einlauf des Hochwassercanals an und enthält etwa 350 m unterhalb desselben ein Abschlufswehr in der Ill, das zur Wasservertheilung zwischen dem Hochwassercanal, der Ill und den Ersteiner Mühlen dient.

Der auf der rechten Seite der Correction gelegene Damm bildet die Fortsetzung des Dammes des Hochwassercanals. Er bildet mit dem genannten Wehr und der an dieses anschliefsenden linksseitigen Fortsetzung bis ans Hochgestade den Abschlufs des Ueberschwemmungsgebietes der Ill oberhalb Erstein.

Die kleinste Kronenbreite des Hochwasserdammes beträgt 3,0 m, die gröfste, nämlich diejenige zwischen Einlafs- und Abschlufswehr bei der Illbegradigung, 6,0 m, seine canalseitige Böschung hat zweimetrische, die rückseitige dreimetrische Anlage. In dem geschlossenen Hochwasserprofil von der Kraftbrücke abwärts haben die Vorländer 19,4 m Breite.

Die Illcorrection hat eine Sohlbreite von 50,0 m und zweimetrische Böschungsanlage.

Die Correction des Murgiefsens bezweckt die Verbesserung des zwischen der Stadt Erstein und dem Rhein-Rhonecanal bestehenden Schiffahrtsweges, wobei der Höhenunterschied der Wasserspiegel der Ill und des Hochwassercanals durch eine Kammer- und eine Nachenschleuse vermittelt wird. Die Kammerschleuse hat die Abmessungen der Schleusen im Rhein-Rhonecanal. Diese Anordnung ist getroffen worden, um künftig, d. h. sobald die Interessenten im Hochwassercanal eine entsprechende Fahrrinne herstellen, die

Canalschiffe mit Kohlen, Holz, Steinen udgl. unmittelbar bis Erstein führen zu können.

Hinsichtlich der Erdarbeiten ist zu bemerken, dafs das Material, welches bei Ausschachtung des Canalbettes gewonnen wurde, unter der Humus- bezw. Rasendecke aus einer 0,4 bis 1,0 m starken Schicht von sandigem Lehm bestand, die auf einer sehr mächtigen, vielfach mit Sandadern durchsetzten Kiesschicht auflagerte. Wo das lehmige Material zur Schüttung der ganzen Dämme nicht ausreichte, wurde jeweils der Dammkern aus Kies geschüttet und mit lehmigem Boden abgedeckt. Mit dieser Abdeckung läfst sich bei sorgfältiger Auswahl des Materials eine genügende Dichtung erreichen, und solche Dämme haben dann den grofsen Vorzug, dafs sie durch Mäuse und Maulwürfe, deren Gänge so häufig die erste Veranlassung zu Dammbrüchen bilden, nicht beschädigt werden können.

Noch sei erwähnt, dafs die Bezahlung des Unternehmers, abweichend von dem sonst üblichen Verfahren, nach dem Auftrage erfolgen mufste, da zu erwarten war, dafs die wechselnden Wasserstände und die Hochwasser während des Baues fortwährende Veränderungen der Aushubprofile durch Abspülungen und Anlandungen verursachen würden und es somit unmöglich gewesen wäre, die Abtragsmassen genau zu bestimmen. Es wurde daher der Bezahlung für 1 cbm Auftrag ein Einheitspreis zu Grunde gelegt, der sich aus dem Mittelpreis für das Lösen des Abtrags über und unter Wasser, das Laden desselben, sowie aus dem Mittelpreis für die Förderungskosten samt Entleeren und Reguliren des Materials zusammensetzte.

Als Uferbefestigungen wurden angewendet Pflasterungen, Steinwurf, Rauhwehr, Senkfaschinen, Flechtzäune und Bepflanzungen mit Weidensetzlingen. Ufermauern waren nur erforderlich bei dem Durchgang des Canals durch die Annexe Kraft, zum Schutz für die dahinter liegenden Gebäude. Pflasterungen mit Steinwurffufs wurden ausgeführt zur Deckung der linksseitigen, dem Hochwasserdamm zuliegenden Uferböschung des Mittelwasserprofils vom Canalanfang bis zur Brücke in Kraft, sowie je 15 bis 30 m oberund unterhalb der Kunstbauten, Rauhwehr für die übrigen Uferstrecken und Senkfaschinen an den Coupirungen der verschiedenen alten Flufsarme und an den Einmündungen von Seitenarmen.

VI. Kunstbauten.

Von Kunstbauten sind besonders zu erwähnen:

1. Die Bauanlagen zum Zwecke der Wasservertheilung zwischen Ill und Hochwassercanal.

Hierher gehören namentlich das Wehr am Kopfe des Canals, am sog. Börscheydich zur Regulirung der in dieser abzulassenden Wassermenge und das Wehr in der Ill unterhalb des Abzweigungspunktes, am sog. Steinsaudich, zur Regelung der Wasserführung der unteren Ill und der Ersteiner Mühlen (Bl. 48, Abb. 2). Ueber die ganze Anordnung dieser Bauten s. Bl. 48.

Das Börscheydichwehr hat 7 Oeffnungen von je 5,0 m Lichtweite, wovon 6 mittels eiserner Schützen von 1,5 m Höhe geregelt werden können und die am linken Ufer befindliche mit Staubalken versehen ist. Die Entfernung zwischen beiden Landpfeilern beträgt 42,20 m.

Die ersterwähnten 6 Oeffnungen haben einen Absturz von je 1,0 m Höhe, der hinter der Schwelle, auf der die Schützen ruhen, beginnt und am Pfeilerunterhaupt endet, während die Sohle der letzten Oeffnung am linkseitigen Ufer in gleicher Höhe mit der Sohle unterhalb des Wehres liegt. Diese Oeffnung dient als Schiffsdurchlafs und zur Abführung der Wassermenge, welche bei Kleinwasser der Ill an den Canal mindestens abgegeben werden mufs.

Zu bemerken ist, dafs die Schützen der 6 Oeffnungen, welche aus I-Trägern mit aufgenietetem, 10 mm starkem Eisenblech bestehen und an Zahnstangen aufgehängt sind, durch eine Zahnradübertragung in die Höhe gezogen werden, welche bei vollem Wasserdruck durch einen Mann bedient werden kann.

Abschlufswehr in der Ill.

Der zweite der Wasservertheilung dienende Bau, das Abschlufswehr in der Ill (Bl. 49, Abb. 7—10) am Steinsaudich besteht aus einem Schiffsdurchlafs von 5,0 m Lichtweite am rechtsseitigen Ufer, einer Fischtreppe von 1,0 m, einem mit Schützen verschlossenen Ueberfallwehr von 4 Oeffnungen mit je 5,0 m Lichtweite und 1,18 m hohem Absturz zur Abführung der Hochwasser in die Ill, einem Schützenwehr von zwei Oeffnungen mit je 5,0 m Lichtweite zur Speisung des Canals der Ersteiner Mühlen und aus einem Nachendurchlafs am linksseitigen Ufer von 2,0 m Lichtweite und 12,5 m Länge zwischen den Drempeln. Seine Sohle liegt 1,30 m höher als die Wehrsohle.

Der Schiffsdurchlafs ist mit Staubalken versehen und die über denselben führende Dienstbrücke als Fallbrücke construirt, die beim Durchlassen von grösseren Schiffen, Baggern udgl. zur Freimachung des Profils in die Höhe gezogen wird.

Die Fischtreppen sind nach dem Cascadensystem mit 2,0 m langen und 1,0 m breiten Becken von mindestens 0,6 m Wassertiefe erbaut. Die Oeffnungen in den Sperren haben 0,30 m Breite und 0,25 m Höhe und die letztern sind aus Steinplatten von 0,30 m Stärke hergestellt. Der Wasserzuflufs wird durch kleine Holzschützen geregelt.

Die zur Ableitung von gröfseren Wassermengen in die Ill und zur Speisung des Mühlcanals bestimmten 6 Oeffnungen sind mit zweitheiligen eisernen Schützen versehen. Der obere, 1,25 m hohe Theil derselben ist fest und der untere, 1,17 m hohe bewegliche Theil läuft beim Aufziehen vor dem festen Theile.

Die Breite des ganzen Baues zwischen beiden Landpfeilern beträgt 49,80 m.

Bei Nieder- und Mittelwasser ist der Schiffsdurchlafs soweit geschlossen, dafs die Ueberfallhöhe über dem Staubalken die für die Ill erforderliche Wassermenge abzuführen vermag. Zu Abführung der Hochwasser dienen die vier Oeffnungen des Ueberfallwehrs, dessen Krone so berechnet ist, dafs bei einem mittleren Hochwasser und ganz geöffneten Schützen bei normaler Stauhöhe rund 80 cbm Wasser abfliefsen können. Bei weiterem Steigen des Wasserstandes wird dann durch theilweises Schliefsen der Schützen die Wasserabgabe an die Ill geregelt, deren gröfste Menge in der Regel 100 cbm in der Secunde nicht überschreiten soll.

Das Plobsheimer Wehr (Bl. 49, Abb. 11 u. 12), das gröfste Regulirungswerk am Hochwassercanal, hat den Zweck, den

Stau des Krummen Rheins aufrecht zu erhalten und die Wasserabgabe an diesem Flufsarm zu reguliren. Es besteht aus 7 Oeffnungen von je 4,0 m Lichtweite, einer Fischtreppe von 1,0 m und einem Nachendurchlafs von 2 m Lichtweite und 12,50 m Länge zwischen den Drempeln. Die Pfeiler haben 5,5 m Länge, 1,3 m Breite und 5,15 m Höhe. Wegen der Möglichkeit, dafs ein Rheinhochwasser sich am Wehre unterhalb höher stellt, als das Wasser im Canal, ist zur Aufnahme des Druckes der stromaufwärts gelegene Pfeilertheil länger als der untere. In diesem Falle werden auf die Schützenoberfläche Staubalken bis über den Rheinhochwasserstand aufgelegt, welche von dem Dienststeg aus durch eine Nuth eingeführt werden.

Die stromaufwärts gelegene Brücke auf den Pfeilern bildet die Ueberführung der Krone des Rheinhochwasserdammes über den Canal.

Die übrige bauliche Anlage ist ähnlich wie bei den beiden vorbeschriebenen Wehren. Die Schützen sind eintheilig aus [-Balken mit aufgenietetem Eisenblech construirt und haben eine Höhe von 2,33 m. Sie sind seitlich an Zahnstangen aufgehängt und können bei vollem Wasserdruck durch einen Mann bewegt und über den höchsten Wasserstand, d. h. über die Windenständer hinaus aufgezogen werden.

2. Bauanlagen zu Schiffahrtszwecken.

Wie schon früher bemerkt wurde, kreuzt der Hochwassercanal den Rhein-Rhone-Canal dicht bei der Annexe Kraft.

Zur Aufrechterhaltung der für die Schiffahrt erforderlichen Wassertiefe von 1,75 bis 1,80 m ist 45 m unterhalb des Kreuzungspunktes ein Nadelwehr mit Schiffsdurchlafs, Fischtreppe und Nachenschleuse im Hochwassercanal errichtet (s. Bl. 48, Abb. 3, 4 und 5). Die Nadelwehröffnung hat 34,20 m Breite, der Schiffsdurchlafs 5,0 m Lichtweite, sodafs bei freigemachtem Durchflufsquerschnitt diese beiden Oeffnungen der Sohlbreite des Canals mit 40,0 m oberhalb Kraft entsprechen.

Die Fischtreppe ist ähnlich construirt, wie die schon beschriebenen; die Mafse der Nachenschleuse entsprechen ebenfalls denjenigen am Plobsheimer Wehr.

Etwa 20 m oberhalb des Wehres befindet sich zum Schutz desselben gegen abtreibende Schiffe ein 35 m langes Streichwerk. Es besteht aus 2 Reihen im Abstand von 2,0 m hintereinander eingerammten Pfählen, an deren vorderer doppelte Zangen über dem Normal-Wasserspiegel befestigt sind. Jeder Vorderpfahl ist durch eine Strebe gegen den entsprechenden Hinterpfahl gestützt.

Das Nadelwehr ist nach dem Muster derjenigen der Maincanalisation bei Frankfurt a. M. construirt (System Kummer). Die Böcke stehen in Entfernungen von 1,2 m und drehen sich beim Umlegen um eine wagerechte Achse, deren vorderes Ende in einem Lager ruht, das durch einen grofsen Fundamentquader hindurch verankert ist. Das andere Ende ruht in einem Gufslager, das mit Steinbolzen auf einem Sohlquader befestigt ist.

Die Nadeln haben eine Länge von 2,35 m und sind 80/80 mm stark; sie stellen sich unten gegen einen Absatz des Ankerquaders, welcher gegen Beschädigungen durch ein Winkeleisen geschützt ist. Oben lehnen sich die Nadeln gegen einen, je an einem Bocke befestigten und um eine aufrecht stehende Achse drehbaren Arm, dessen freies Ende sich bei geschlossenem Wehr je gegen den nächstfolgenden Bock stützt und zwar einen Cylinder, durch dessen Drehung um 90° der Arm ausgelöst werden kann, sodafs die Oeffnung von 1,2 m frei wird.

An den Böcken sind zugleich Brückentafeln aus Eisenblech befestigt, die je in den vorhergehenden Bock mit Klauen eingreifen, die Böcke also auseinanderhalten und gleichzeitig als Laufbrücke dienen. Mit einer Winde werden die Böcke samt den Brückentafeln auf die Sohle niedergelassen, wo sie hinter dem 0,35 m hohen Absatz des Ankerquaders so aufeinander liegen, dafs sie nicht über dem Absatz herausragen. Die Rahmen der Böcke sind in Gesenken (gufseiserne Modelltische) zusammengeschweifst, wie solche für die Wehre der Maincanalisation benutzt wurden. Es wird dadurch eine genaue Uebereinstimmung der einzelnen Böcke unter sich erzielt. Eine sorgfältige Bearbeitung der einzelnen Theile, sowie eine genaue Einhaltung der Mafse ist bei dieser Arbeit erforderlich, um ein gutes Ineinandergreifen der Construction, namentlich auch der Auslösung Kummer zu erreichen. Die Abmessungen der Nadelwehrböcke sind auf Grund der statischen Berechnung ermittelt.

Die zweite Anlage zu Schiffahrtszwecken ist die oben erwähnte, in der Correction des Murgiefsen befindliche Kammerschleuse mit Nachendurchlafs.

Sie ist am Unterhaupt durch einen Dammbalkenverschlufs gegen die Hochwasser des Canals verschliefsbar gemacht.

Zu Ent- und Bewässerungszwecken sind eine Anzahl kleinerer Bauten ausgeführt worden, darunter namentlich ein Düker zur Abführung des im Winkelmattgraben oberhalb des Abschlufswehres sich anstauenden Wassers in die untere Ill (Blatt 48, Abb. 2) und mehrere Wässerungs-Durchlässe am Damme der Illcorrection und am Hochwasserdamm.

Noch sei erwähnt, dafs die Ueberführung der Erstein-Gerstheimer Strafse und der Staatsstrafse Strafsburg-Basel über den Canal durch zwei eiserne Brücken von im wesentlichen gleicher Construction bewirkt ist. Dieselben haben je eine Mittelöffnung von 40 bezw. 34 m, welche mit einem Fachwerkträger mit gekrümmtem Obergurt und je 2 Seitenöffnungen von 13 bezw. 16 m, die mit einem solchen mit parallelen Gurtungen überspannt sind. Hier ist nur zu bemerken, dafs die Obergurten der Seitenträger mittels Kugellagers in den Endverticalen der Hauptträger ruhen, sodafs für die Auflagerung der Haupt- und Seitenträger auf den Mittelpfeilern ein gemeinschaftliches Lager angeordnet ist, welches eine bessere centrale Druckvertheilung auf die Pfeiler bewirkt und dadurch, dafs es ohne verkleidende Vorkopfsteine frei auf den Granitquadern aufliegt, der Construction ein leichteres Aussehen giebt.

VII. Die Bauausführung.

Im Jahre 1884 wurde in Erstein das Bureau errichtet, in welchem zunächst die Wasserverhältnisse der Ill bei Erstein untersucht und festgestellt wurden. Den Kostenanschlägen wurde ein Preisverzeichnifs zu Grunde gelegt, aus welchem einige Preise hier angeführt seien. Es wurde angesetzt für die Arbeitsstunde eines Erdarbeiters 0,24 ℳ, eines Maurers 0,40 ℳ, eines Steinhauers 0,42 ℳ, eines Schreiners, Schlossers und Schmiedes 0,45 ℳ, eines Zimmermanns 0,35 ℳ, eines Schiffers einschliefslich des Schiffes 0,35 ℳ.

Eine einspännige Fuhre wurde für die Stunde mit 0,60 ℳ, eine zweispännige mit 1 ℳ bezahlt.

Die Preise für die Baumaterialien wurden ermittelt wie folgt:

1 cbm rohe Bruchsteine 6 ℳ,
1 „ Hausteine (rauh bossirt) 36 ℳ,
1 „ Sand, aus dem Canalbett entnommen, 0,80 ℳ, aus anderer Bezugsquelle 3 ℳ,
1 „ Bruchsteinmauerwerk 10 ℳ; Zuschlag für Sichtflächenbearbeitung 3,50 ℳ auf 1 qm,
1 „ Hausteinmauerwerk 60 ℳ,
1 „ Granit 120 ℳ,
1 qm polygonales Böschungspflaster 2,60 ℳ,
1 cbm Steinwurf 6,50 ℳ,
1 „ beschlagenes Kiefernholz 45 ℳ,
1 „ kiefernes Rundholz 38 ℳ,
1 „ scharfkantiges Eichenholz 130 ℳ.

Die Steine wurden theils aus Lützelburg und den Steinbrüchen bei Zabern, theils aus Börsch bei Oberehnheim, beides in den Vogesen, bezogen. Erstere kamen wegen der billigen Anfuhr zu Wasser niedriger zu stehen als die letzteren. Doch waren die Zufahrtverhältnisse im ganzen günstige.

Die Herstellung der Erd- und Planirungsarbeiten, der Ufer- und Wegebefestigungen, sowie der Kunstbauten ausschliefslich der Eisenconstructionen und der Lieferung von Kalk und Cement wurde im Verding, die Eisenconstructionen zum Theil in engerer Bewerbung, zum Theil, soweit es sich um Specialitäten handelte, freihändig an verschiedene Firmen und die Lieferung des Kalkes an Archeret u. Fürst in Ruprechtsau bei Strafsburg, diejenige des Cements an Dyckerhoff u. Söhne in Mannheim gleichfalls freihändig vergeben.

Die Prüfung der Zugfestigkeit von Cement und Kalk erfolgte fortlaufend während des Baues vermittelst eines Hammer- und des Michaelisschen Zugapparates. Mit dem Cement wurden die Normenproben in der Mischung 1 : 3 und zur Prüfung des Kalkes aufserdem Proben mit Körpern, welche aus 1 Gewichtstheil Cement, 2 Gewichtstheilen hydraulischem Kalk und 10 Gewichtstheilen Normalsand gemischt waren, angestellt. Diese Probekörper lagen 1 Tag an der Luft, 27 unter Wasser und war eine Durchschnittsfestigkeit der 5 höchsten Zahlen von 10 gezogenen Probekörpern von mindestens 7,5 kg auf 1 qm vorgeschrieben. Die Ergebnisse waren sehr zufriedenstellend und zeigten stets höhere Festigkeiten als die vorgeschriebenen. Namentlich haben auch die Proben, welche mit Körpern angestellt wurden, die nicht mit Normalsand, sondern mit dem an den einzelnen Baustellen durch Werfen des Kieses gewonnenen Sand gemischt waren, gute Ergebnisse geliefert.

Das Baupersonal bestand aus dem bauleitenden Regierungsbaumeister Eberbach, welchem zwei Regierungsbaumeister, ein Bauführer und drei Aufseher mit Gehülfen zugetheilt waren. Die Oberleitung des Baues wurde durch den Verfasser wahrgenommen.

Im October 1886 wurden die Arbeiten begonnen und im April 1891 diejenigen am Hochwassercanal, im November 1891 diejenigen an der Illcorrection vollendet.

Die Baukosten belaufen sich für den Hochwassercanal und die anschliefsende Correction der Ill am Steiwaudich, sowie diejenige des Murgiefsens auf etwa 1 050 000 ℳ. Hiervon entfallen auf den Hochwassercanal 890 000 ℳ und auf die Illcorrection 160 000 ℳ. Von ersterer Summe wurden 315 000 ℳ durch die Stadt Strafsburg und 125 000 ℳ durch den Bezirk Unter-Elsafs übernommen. Der Rest wurde vom Lande getragen, das die Arbeiten als Bauherr ausgeführt hat.

Die Wirkung des Canals konnte schon während der Bauzeit mit dem Fortschreiten der Arbeiten wiederholt beobachtet werden. Nach Beendigung derselben wurden sie erstmalig bei dem Hochwasser am 31. December 1891 bis 4. Januar 1892 festgestellt.

VIII. Betrieb des Hochwassercanals.

Aufser der Ableitung der Illhochwasser haben die Bauanlagen des Ersteiner Canals auch dem Zwecke zu dienen, eine geregeltere Wasservertheilung zwischen Ill und Hochwassercanal bei Nieder- und Mittelwasser zu ermöglichen. Die frühere Wasservertheilung zwischen der Ill und Kraft war ganz von den Stau- und Abflufsverhältnissen der Ersteiner Mühlen abhängig und konnte durch mifsbräuchliche Schleusenmanöver in störender Weise beeinflufst werden. Da nun die alten Verordnungen, durch welche diese Triebwerke geregelt waren, zum Theil fehlerhafte Höhenangaben, zum Theil Vorschriften enthielten, die überhaupt nicht eingehalten werden konnten und daher eine geordnete Wassernutzung unmöglich machten, so mufste, wenn eine solche durchgeführt werden sollte, zugleich eine Neuregelung der hydraulischen Verhältnisse sämtlicher Ersteiner Triebwerke vorgenommen werden. Es geschah dies nach Durchführung des üblichen Verwaltungsverfahrens durch eine Verordnung des Kaiserlichen Statthalters vom 6. Februar 1889, welche die Grundsätze für die neue Wasservertheilung festsetzt und alle wesentlichen Bestimmungen über die zulässigen Stauhöhen der Triebwerke sowie über die Lage und die Abmessungen der Ablässe, Ueberfälle usw. enthält.

Hinsichtlich der Wasservertheilung wird darin hauptsächlich bestimmt, dafs bei Niederwasser mindestens 5 cbm in der Secunde aus der Ill oberhalb Erstein in den Hochwassercanal abgegeben werden sollen zur Sicherung des Bedarfs des Rhein-Rhonecanals und des Krummen Rheins. Bei Mittelwasser der Ill soll die Vertheilung des Wassers in der Weise vorgenommen werden, dafs die Ill $^4/_5$ und der Hochwassercanal $^1/_5$ desselben erhält. Der Verwaltung steht es hierbei frei, die Durchflufsmenge des Hochwassercanals zur Erleichterung der Schiffahrt zwischen Erstein und dem Rhein-Rhonecanal angemessen zu verstärken. Die Regelung der Hochwasservertheilung zwischen Ill und Hochwassercanal ist durch Verordnung vom 6. Februar 1889 erfolgt.

Der Canal wurde unmittelbar nach Fertigstellung in Betrieb gesetzt, die Dienstvorschriften für die Handhabung aber konnten erst später erlassen werden, nachdem durch eine Reihe von Pegelbeobachtungen und Wassermessungen die Aufnahmefähigkeit des Canals genau festgestellt und damit eine sichere Grundlage für die Einzelheiten dieser Vorschriften gewonnen war. Sie enthalten namentlich die technischen Bestimmungen über die wasserpolizeiliche Ueberwachung des Canals, über die Handhabung der zur Wasservertheilung

dienenden Wehre und Schleusen, über den Dammschutzdienst bei Hochwasser und über den Wasserstandsnachrichtendienst.

Neben den technischen Bestimmungen sind auch diejenigen von Wichtigkeit, die sich auf den Hochwassernachrichtendienst beziehen. Um diesen Dienst einzurichten, mufsten die für den Betrieb des Canals wichtigen Punkte, d. h. die Wohnungen des Flufsaufsehers in Erstein, des Schleusenwärters in Kraft und des Wärters am Plobsheimer Wehr unter sich und mit Strafsburg durch eine Telegraphenleitung verbunden werden. Dies ist in der Weise geschehen, dafs im Anschlufs an die Rheintelegraphenleitung eine solche längs des Hochwassercanals von dem Plobsheimer Wehre bis zum Schleusenwärterhaus am Murgiefsen und von letzterem nach Erstein hergestellt wurde. Die unmittelbare telegraphische Verbindung mit dem Postamt Erstein gestattet die sofortige Uebermittlung der von den Beobachtungsstationen an der oberen Ill und an der Breusch in Erstein einlaufenden Hochwassertelegramme an den Canalaufseher.

Auf Grund der Hochwassernachrichten aus dem Illthale läfst sich annähernd der Zeitpunkt des Eintritts und die Stärke der in Erstein zu erwartenden Fluthwelle etwa auf 24 Stunden voraus bestimmen. Die Nachrichten aus dem Breuschthale haben den Zweck, dem Beamten in Erstein den Eintritt eines Breuschhochwassers so frühzeitig mitzutheilen, dafs er die Zuleitung in die Ill am Steinsaudich entsprechend beschränken kann.

Nach den im fertigen Hochwassercanal ausgeführten Wassermessungen kann dieser auf seiner oberen Strecke 130 bis 140 cbm in der Secunde abführen, ohne dafs das Wasser über die Ufer tritt. Da nun in der Ill oberhalb Erstein beim höchsten bis jetzt beobachteten Sommerhochwasser nur 165 cbm zum Abflufs gelangen und bei vollem Hochwassercanal alsdann der Wasserspiegel oberhalb des Einlafswehrs nur um etwa 0,25 m über Normalhöhe ansteigen kann, so ist künftig eine Ueberschwemmungsgefahr für das oberhalb liegende Wiesengelände im Sommer ganz ausgeschlossen.

In diesem Falle werden bei Erstein noch 35 cbm in die untere Ill eingeleitet, welche dann mit der zu 125 cbm anzunehmenden gröfsten Sommerhochwassermenge der Zuflüsse der Ill zwischen Erstein und Strafsburg eine gesamte Durchflufsmenge von 160 cbm für die Ill in Strafsburg ergeben. Diese Wassermenge kann jederzeit frei durch Strafsburg abfliefsen und es ist deshalb bei der Wasservertheilung im Sommer eine Berücksichtigung der Hochwasser der Breusch nicht erforderlich. In den Wintermonaten dagegen, in welchen die Ueberschwemmung der Wiesen immer erwünscht ist, richtet sich die Wassereinführung in die Ill bei Erstein in erster Reihe nach der vorhandenen und zu erwartenden Wasserführung der Breusch in Strafsburg.

Nach den bisherigen Erfahrungen läfst sich schon jetzt mit Bestimmtheit sagen, dafs der Hochwassercanal den gestellten Anforderungen vollständig genügt und die doppelte Aufgabe erfüllt, in hochwasserfreien Zeiten zur Vermehrung des Wohlstandes des Landes und in Hochwasserzeiten zum Schutze der Landeshauptstadt zu dienen.

Anlagen zur Herstellung von Bettungsschotter (Kleinschlag) mit Steinbrechmaschinen.

(Mit Abbildungen auf Blatt 50 und 51 im Atlas.)

Die Verwendung von Kleinschlag als Bettungsstoff wird, wenn man ihn von Hand herstellt, durch die hohen Zerkleinerungskosten und den Umstand, dafs bei regelmäfsigem grofsen Bedarf meistens eine Aufstapelung des Materials in Vorrath auf geeigneten Verladeplätzen neben den Ladegleisen nothwendig wird, nicht unerheblich dadurch vertheuert und erschwert, dafs neben den Herstellungs- und Verladekosten weitere Kosten durch Seitentransporte entstehen. Die Leistung eines geübten Handarbeiters kann je nach der Härte und Zähigkeit des Materials auf 1 bis 1,5 cbm, im Mittel auf 1,25 cbm angenommen werden; um daher täglich einen Arbeitszug von 125 cbm Inhalt — 25 Bauwagen zu 5 cbm Fassungsraum — beladen zu können, würden 100 Arbeiter nothwendig sein. Da die Leistung der einzelnen Arbeiter je nach Fleifs und Uebung sehr verschieden ausfällt, so ist eine gemeinsame Gedingarbeit nicht durchführbar. Die Arbeiter bilden vielmehr unter sich kleine Genossenschaften, welchen getrennte Arbeitsplätze angewiesen und deren Leistungen besonders nachgewiesen und verrechnet werden müssen. Dieser Umstand ist sehr unbequem und auch auf die Gesamtkosten wegen der unvollkommenen Ausnutzung der Lagerplätze und der Vermehrung der Seitentransporte von Einflufs. Die Gesamtkosten des Handkleinschlags betragen im Bezirk des Betriebsamtes Saarbrücken frei Bahnwagen Versandort:

a) für Kleinschlag aus Hochofenschlacke 3,25 ℳ,
b) für Kleinschlag aus Diorit etwa 4 ℳ;

davon entfallen je 2,75 ℳ auf Herstellungs- und Verladekosten, während die Beschaffungskosten für Schlacke 0,5 ℳ und für Diorit etwa 1,20 bis 1,30 ℳ für 1 cbm betragen.

Für die Umbauten der Bahnhöfe Saarbrücken und Neunkirchen werden etwa 150000 cbm Bettungsmaterial benöthigt, es ist daher zur Herabminderung der bedeutenden Kosten sowie zur Sicherung des regelmäfsigen Bezugs entsprechend dem Fortschritt der Bauarbeiten die Herstellung des Kleinschlags mit Steinbrechmaschinen in die Wege geleitet. Die in einer von der elsässischen Strafsenbauverwaltung bei Schirmeck im Elsafs eingerichteten Steinbrechanlage angestellten Versuche mit den in Betracht kommenden Materialien verliefen befriedigend; ferner erwies schon die Thatsache, dafs die genannte Verwaltung das Erzeugnifs der Steinbrecher zum Bau und zur Unterhaltung der Kunststrafsen mit Erfolg verwenden und ebenso die badische Strafsenbauverwaltung seit längerer Zeit eine Steinbrechanlage zur Gewinnung von Strafsenbefestigungsmaterial betreiben läfst, dafs aus geeigneten Stoffen jedenfalls ein zu Bettungszwecken brauchbarer Schotter durch Steinbrecher hergestellt werden kann, da an den Bettungsstoff immerhin geringere Anforderungen zu stellen sind, als an Strafsenbefestigungsmaterial. Bekannt gewordene Mifserfolge sind auf die Verwendung ungeeigneter Gesteine zurückzuführen; so kann z. B. aus Grauwackenschiefer ein verwendbarer Schotter mit Steinbrechern nicht hergestellt werden, weil die Steine unter dem Druck der Brechbacken nach den

natürlichen Lagerflächen aufspalten, wodurch ein platten- und scherbenförmiges Erzeugnifs entsteht, während bei der Zerkleinerung derselben Steine mit Handhämmern ein brauchbarer Kleinschlag gewonnen wird, welcher allerdings weder so wetterbeständig, noch so widerstandsfähig gegen die Angriffe der Stopfhacke ist, wie Kleinschlag aus Hartgestein. Grauwacke von porphirartiger Beschaffenheit ohne schiefriges Gefüge eignet sich dagegen sehr gut zur Zerkleinerung durch Steinbrecher, wie das Ergebnifs der Schirmecker Anlage zeigt, wo ausschliefslich derartige Grauwacke gebrochen wird. Nach den angestellten Versuchen können fast alle Hartgesteine, wie Diorit, Melaphir, Quarzit, Basalt, Porphir usw. mit Maschinen zweckentsprechend zerkleinert werden, und da die Kostenersparnifs, wie weiter nachgewiesen werden soll, gegenüber der Handarbeit sehr bedeutend ist, so wird sich noch vielfach Gelegenheit zur vortheilhaften Anwendung der Steinbrecher behufs Gewinnung von Bettungsstoff bieten.

Einrichtung der Steinbrechmaschinen.

(Blatt 50, Abb. 9 bis 11.)

Bei den Steinbrechmaschinen sind es zwei geriffelte Hartgufsbrechbacken BB (Abb. 9), welche die Zerkleinerung bewirken, von denen die eine an der Vorderwand des sehr kräftig gehaltenen gufseisernen Rahmens der Maschine befestigt und unbeweglich ist, während die andere in eine schwere gufseiserne Schwinge S eingesetzt wird und, mit dieser um eine wagerechte Achse schwingend, eine hin- und hergehende Bewegung macht, welche durch das Strecken und Beugen eines aus zwei gufseisernen Druckplatten KK gebildeten Kniehebels bewirkt wird. Die Druckplatten sind in den unteren Wulst eines kräftigen auf dem Excenter der Antriebswelle der Maschine hängenden Gufsstückes G eingesetzt und werden bei der Umdrehung der Welle der Gröfse der Excentricität entsprechend gehoben und gesenkt; dabei stemmt sich die hintere Platte gegen ein vermittelst eines verstellbaren Keiles H auf der Hinterwand des Maschinenrahmens aufruhendes Widerlager, während die andere Platte an der Brechschwinge angreift. Die Platten ruhen in Stahleinsätzen $E\ E$, die bei eingetretenem Verschleifs leicht ausgewechselt werden können. Der Hub der Brechschwinge wird durch die Zugstange Z begrenzt, welche durch ein federndes Widerlager in Spannung erhalten wird, und durch ihre Bewegung wird der von den beiden Brechbacken und den an den beiden Seitenwänden des Rahmens angebrachten harten Einsatzplatten begrenzte Raum, das Brechmaul, abwechselnd erweitert und verengt, wodurch das in dem Brechmaul M befindliche Material zerschlagen und zerdrückt wird. Die Korngröfse des gewonnenen Schotters richtet sich hauptsächlich nach der Spaltweite des Brechmauls, und diese ist durch Heben und Senken des zwischen der Hinterwand des Rahmens und dem Widerlager der hinteren Druckplatte befindlichen gufseisernen Keiles H verstellbar, sodafs man hierdurch die gewünschten Korngröfsen des Schotters erzielt; auch ist es ohne Schwierigkeit möglich, die durch den Verschleifs der Riffelung der Brechbacken und der Druckplattenauflager während des Betriebes eintretenden Aenderungen der Spaltweite zu berichtigen. — Damit das Durchfallen von gröberen Stücken bei geöffnetem Brechmaul thunlichst verhindert wird, mufs das Brechmaul sich rasch öffnen und schliefsen, auch ist das schnelle Aufschlagen der schwingenden Backe auf das Brechgut besonders bei der Herstellung von Kleinschlag vortheilhaft, da das aufgegebene Material mehr zerschlagen als zerdrückt werden mufs. Dieser Anforderung entspricht die Umdrehungszahl der Antriebswelle mit 250 in der Minute in genügendem Mafse; eine erhebliche Vergröfserung der Umdrehungszahl würde die Haltbarkeit der Maschine, deren hohe Inanspruchnahme durch die schweren schwingenden Massen ohnehin einen sehr massiven und kräftigen Bau erfordert, gefährden. Der Antrieb der Maschine erfolgt gewöhnlich mittels Riemen, es sind indes auch unmittelbar mit einer Dampfmaschine gekuppelte Steinbrecher in Gebrauch. Das Erzeugnifs an Schotter ist, soweit dessen Verwendung zu Bettungszwecken in Frage kommt, bei geeignetem Brechgut dem Handkleinschlag vollkommen gleichwertig, die einzelnen Stücke sind scharfkantig, fest und gesund; es kommen zwar Stücke vor, welche mehr von der Würfelform abweichen als bei der Zerkleinerung desselben Gesteins mit Handhämmern, die einen mehr rhombischen Querschnitt aufweisen, jedoch wird die Brauchbarkeit des Schotters als Stopfmaterial hierdurch in keiner Weise gemindert, auch sind die vorkommenden kleineren Stücke von 1,5 bis 3 cm Gröfse derselben nur förderlich. Der entfallende Feingries, der durch ein Siebwerk von dem Schotter getrennt werden mufs, ist als Befestigungsstoff für Bahnsteige und als Deckmaterial für Wegebefestigungen vorzüglich verwendbar, und bei der Zerkleinerung von Hochofenschlacken kann durch Aussieben der feineren Theile des Grieses oder durch nochmalige Zerkleinerung desselben in einem Kollergang oder einer Schleudermühle ein sehr guter Mauersand gewonnen werden, da die aufgeschlossenen Theile der hauptsächlich aus Silicaten bestehenden Schlacke in Verbindung mit Kalk einen sehr rasch erhärtenden Mörtel ergeben.

Bei der Anlage von Steinbrechern ist besonders auf die thunlichste Beschränkung aller Handarbeit Werth zu legen und darauf zu achten, dafs das Erzeugnifs ohne weitere Hebung durch Menschenkraft in die Bahnwagen geschafft werden könne, indem entweder bei einer erhöhten Stellung der Steinbrechmaschinen das Brechgut auf die Höhe der Maschinenplattform durch Becherwerke, Aufzüge udgl. gehoben wird, oder dafs besondere örtliche Verhältnisse, die bei einer Anlage von Steinbrüchen öfter vorliegen werden, es gestatten, das Brechgut zu den Maschinen von einer hoch gelegenen Gewinnungsstelle aus ohne Hebung zu befördern. Diesem gemäfs haben die beiden nachfolgend beschriebenen Steinbrechanlagen ihre verschiedene Einrichtung erhalten.

1. Die Steinbrechanlage an der Zweigbahn von Neunkirchen nach Grube König.

Blatt 50 (Abb. 1 bis 8).

Diese Anlage ist in der Nähe des Eisenwerks der Gebr. Stumm ausgeführt und dient vorwiegend zur Zerkleinerung der von dem Werk gelieferten Hochofenschlacken. Von dem Eisenwerk aus (s. den Lageplan Abb. 8) führt eine in einen Ausziehkopf endigende Schmalspurbahn, auf der die heifsen Schlackenblöcke von dem Werk angebracht werden, zur Planumshöhe der Zweigbahn, wo sie auf den 0,5 m über dem Planum des Lagerplatzes liegenden Gleisen I und II abgestürzt werden. Nach der Erkaltung, welche man nach Bedarf durch Anwendung von Wasserstrahlen befördert, werden die Blöcke auf dem Lagerplatz zu Stücken von höchstens 30 cm Gröfse zerkleinert und in Muldenkipper auf den Ladegleisen III bis V verladen. Die Beförderung der Muldenkipper zu der bei klm 1,05 belegenen Brechanlage er-

folgt auf einer seitlich des Hauptgleises ansteigenden Schmalspurbahn mit Pferden, da von dem vortheilhafteren Betrieb mit einer kleinen Locomotive Abstand genommen ist, weil die Bahn von einem durch den Bergbau verursachten Tagesbruch durchquert wird, dessen Einwirkungen die betriebssichere Unterhaltung des auf der Kante der hohen Dammschüttung liegenden Schmalspurgleises erheblich erschweren. Das von der Zweigbahn abgehende Verladegleis kann bei 139 m Nutzlänge 20 Wagen aufnehmen, die bis zur versandfertigen Beladung im Gleise stehen bleiben. Die beiden Steinbrechmaschinen, welche in eine 1,85 m über der Schienenoberkante des Verladegleises liegenden Plattform eingebaut sind, haben je 600 mm Breite und 300 mm obere Weite des Brechmauls. Der Durchmesser der Riemenscheiben beträgt 800 mm bei 200 mm Kranzbreite, der Antrieb erfolgt von der 3 m über der Plattform liegenden Hauptwelle aus vermittelst offener Riemenläufe und die Oberkante der Brechmäuler liegt in gleicher Höhe mit der Plattform, sodafs die ankommenden Materialwagen unmittelbar über und neben den Brechmäulern von dem 40 cm über der Plattform liegenden Zufuhrgleis ausgekippt werden können. Diese Lage der Brechmäuler erleichtert die Bedienung der Maschine aufserordentlich; ständen die Brechmaschinen auf der Plattform, was ein Heben des Brechguts nothwendig machte, so würden selbst drei Arbeiter bei gröfster Anstrengung und bei öfterer Ablösung kaum imstande sein, eine der vollen Leistungsfähigkeit eines Steinbrechers von den gewählten Abmessungen entsprechende Menge des Brechguts aufzugeben, während bei der getroffenen Anordnung zwei kräftige Arbeiter zur Bedienung einer Maschine genügen, da nun das Brechgut unmittelbar auf die Brechmäuler abgestürzt wird und leicht nachgestofsen werden kann. Der Schotter fällt von den Steinbrechern aus durch im Grundmauerwerk angebrachte und mit Eisenplatten verkleidete Schlitze in einen Schacht; dort wird es von einem Kettenbecherwerk aufgenommen und einer hochgelegenen Siebtrommel, deren 10 mm starker Stahlblechmantel eine 15 mm weite Rundlochung erhalten hat, zugeführt. Das mit Nachspannvorrichtungen versehene Becherwerk, dessen Ausführung ganz besondere Sorgfalt erfordert, wird durch ein Rädervorgelege vermittelst eines geschränkten Riemens von der Hauptwelle aus angetrieben. Die Geschwindigkeit der Kette beträgt 1,1 m in der Secunde bei 620 mm Entfernung der 0,4 m breiten Becher, die bei halber Füllung etwa 4 Liter Brechgut aufnehmen, die Kette kann also etwa 25 cbm in der Stunde befördern. Die ebenfalls von der Hauptwelle aus mit Riemen und Rädervorgelege angetriebene Siebtrommel macht 25 Umdrehungen in der Minute. Das von ihr entfernte Feingut fällt in einen grofsen, unter der Trommel angebrachten Trichter, während der reine Schotter den beiden vorgebauten Fülltrichtern zugeführt wird. Neben dem Verladegleis ist eine leichte Ladebühne angeordnet, auf welcher die aus den Trichtern zu füllenden Verladewagen — drehbare Schnabelkippwagen von 0,75 cbm Fassungsraum — auf einem Gleis von 600 mm Spurweite bewegt werden. Zum Verschieben dieser Wagen und zur Ausführung des ganzen Verladegeschäfts sind vier Arbeiter nöthig, von denen einer den Kleinschlag auf dem Wagen ebnet. Bei entsprechenden örtlichen Verhältnissen lassen sich der Zwischentransport und die Ladebühne ersparen, da der Kleinschlag von den Trichtern aus dem Bahnwagen unmittelbar oder durch Rinnen zugeführt werden kann; indes erfordert das Verschieben der beladenen und das Anhängen der leeren Wagen kaum weniger Arbeit als das Bewegen und Auskippen der Schnabelkipper auf der Verladebühne. Allenfalls würden sich durch Verschieben der Bahnwagen mit einfachen, von der Dampfmaschine angetriebenen mechanischen Vorrichtungen zwei Arbeiter ersparen lassen.

Der Boden des Maschinenhauses liegt 1,85 m tiefer als die Plattform der Steinbrecher. Die Dampfmaschine ist eine horizontale Eincylinder-Gabelmaschine mit Rundschieber-Präcisionssteuerung „System Rider“ von 275 mm Cylinderdurchmesser und 400 mm Kolbenhub. Bei $6^1/_2$ Atmosphären Anfangsspannung, 25 v. H. Cylinderfüllung und 160 Umdrehungen in der Minute überträgt die Maschine etwa 39 effective Pferdestärken. Das Riemenscheibenschwungrad von 1600 mm Durchmesser und 300 mm Kranzbreite sitzt auf dem freien Ende der 140 mm starken Kurbelwelle. Die Hauptwelle, welche 200 Umdrehungen in der Minute macht, wird durch einen 280 mm breiten Baumwollentreibriemen in Bewegung gesetzt. In dem Maschinenraum ist noch eine kleine Dynamomaschine aufgestellt, welche durch ein Vorgelege von der Hauptwelle aus angetrieben wird, und vier Bogenlampen — zwei von 10 und zwei von 6 Ampère Stromstärke — speist. Der Dampfkessel ist ein ausziehbarer Locomobilkessel von 33 qm Heizfläche und 8 Atmosphären Ueberdruck. Sämtliche Baulichkeiten sind in einfachster Weise in Holz ausgeführt.

Zur Bedienung der Anlage sind erforderlich: ein Maschinist und ein Heizer, vier Arbeiter auf der Plattform zur Bedienung der Steinbrecher, ein Arbeiter, welchem die Beaufsichtigung der Getriebe, das Schmieren der Steinbrecher usw. obliegt und welcher bei der Bedienung der Steinbrecher zum Vertheilen und Kippen der ankommenden Materialwagen Hülfe zu leisten hat, vier Arbeiter bei dem Verladegeschäft und ein Aufseher, im ganzen 12 Mann.

Jeder Brecher zerkleinert bei 250 Umdrehungen in der Minute arbeitsstündlich 7 cbm Grobgut, sodafs mit zwei Brechern in zehnständiger Arbeitszeit 140 cbm, mit geübten Arbeitern und bei flotter Zufuhr ohne Schwierigkeit auch 160 cbm gebrochen werden. Der Nutzungsberechnung ist die Leistung von 140 cbm zu Grunde gelegt worden. Bei dieser Leistung erhält man 122 bis 125 cbm Kleinschlag und 15 bis 18 cbm Gries. Der Kleinschlag hat 4 bis 5 cm Korngröfse und enthält etwa 10 bis 12 v. H. kleinere Stücke von 1,5 bis 3 cm Gröfse. Bei der Zerkleinerung von Hochofenschlacken steigt der stark schwankende Kraftbedarf bei 140 cbm Leistung bis auf etwa 45 bis 50 Pferdestärken; der Durchschnittskraftverbrauch ist geringer und kann auf etwa 35 Pferdestärken angenommen werden, wobei der Kraftbedarf für die elektrische Beleuchtung, die etwa 4 Pferdestärken beansprucht, nicht berücksichtigt ist. Der Kraftbedarf ist am gröfsten, wenn die Materialwagen über den Brechmäulern ausgekippt werden, da die Brechmäuler plötzlich ganz gefüllt werden, wodurch eine stofsartige Bremswirkung entsteht, welche durch die Schwungräder nicht ganz ausgeglichen werden kann. Es ergiebt sich aus diesen Verhältnissen, dafs auf ein genaues Arbeiten und auf genügende Empfindlichkeit des Regulators der Dampfmaschine Werth zu legen ist, wenn man ein möglichst gleichmäfsiges Erzeugnifs der Steinbrecher erhalten will. Der Kraftverbrauch einer Steinbrechmaschine ist je nach der Beschickung auf 12 bis 18 Pferdestärken anzunehmen. Das Becherwerk, welches bei einer Förderung von 140 cbm in 10 Stunden theoretisch nur eine geringe Betriebskraft erfordert, kommt bei der Bemessung des gesamten Kraftbedarfs wesentlich mit in Betracht, weil die Becher

das Material theilweise baggernd aufnehmen müssen, wobei erhebliche Widerstände zu überwinden sind. Der Versuch, die Becherkette so eng zu führen, dafs das von den Brechern kommende Material stets unmittelbar auf die Becher aufgegeben wird, ist mifslungen, da sich zwischen Führung und Becher Steinsplitter klemmen, welche den Gang des Werks unterbrechen und dadurch zu sehr lästigen Betriebsstörungen führen, indem sich der Schacht sehr rasch ganz mit Material füllt, welches mit grofser Mühe von den Arbeitern beseitigt werden mufs.

Die Zerkleinerung sehr zäher Gesteine erfordert noch mehr Kraft, als vorstehend angegeben ist. Bei dem Brechen von Diorit z. B. arbeitet die Dampfmaschine bei 8 Atmosphären Kesselspannung mit 25 bis 50 v. H. Füllung und der Kessel kann nur bei schärfster Feuerung mit Kohlen erster Sorte den erforderlichen Dampf liefern. Zu einer dauernden Erzielung derselben Leistung bei dem Brechen von zähem Hartgestein würde die Kraftanlage daher nicht genügen, während sie zum Brechen der zwar harten, aber spröden Schlacke vollkommen ausreicht.

Ungünstig erscheinen bei der Anlage die unter den gegebenen Verhältnissen gebotenen fast senkrechten kurzen Riemenzüge der Hauptübertragung und der Brecherantriebe, da besonders die Treibriemen der Steinbrecher ungewöhnlich hoch beansprucht werden; die Anstrengung der Riemen wird besonders grofs bei dem Auskippen der Materialwagen, da durch die schon erwähnte bei dem plötzlichen Füllen des ganzen Brechmauls der vorher leer gehenden Maschine eintretende stofsartige Bremswirkung heftige Stöfse auf das Getriebe übertragen werden; es empfiehlt sich daher, falls die örtlichen Verhältnisse nicht hinderlich sind, die Riemenläufe länger zu machen und geneigt anzuordnen; überhaupt sind alle Getriebetheile sehr kräftig zu halten. Bei der besprochenen Anlage mufste die 70 mm starke Stahlwelle der Hauptübertragung nach kurzer Betriebszeit durch eine 85 mm starke Welle ersetzt werden. Als Riemenmaterial wurden für die im Freien und in der seitlich offenen Brecherhalle befindlichen Triebwerke stark getränkte gewebte Kameelhaarriemen gewählt, welche bei hoher Zugfestigkeit gegen die Witterungseinflüsse fast vollkommen unempfindlich sind und auch den Angriffen des aus messerscharfen Splittern bestehenden Staubes, dessen Entwicklung unvermeidlich ist, gut widerstehen. — Zur Herabminderung der auch für die Arbeiter lästigen Staubentwicklung wird das Grobgut vor der Einfüllung in die Becher stark mittels Wasserstrahl genetzt.

Die Anlage wurde am 29. April 1893 in Betrieb gesetzt und in ihr bis zum 31. August 1893 in $99^3/_4$ Schichten von zehnstündiger Dauer gearbeitet; dabei wurden erzielt 11514 cbm Kleinschlag und 1555 cbm Gries, mithin entfallen auf die zehnstündige Schicht 122 bis 123 cbm Kleinschlag und 16 bis 17 cbm Gries. In der nachstehenden Betriebskostenrechnung ist angenommen, dafs das Grobgut bis an die Steinbrecher herangebracht ist, und es umfassen die berechneten Kosten daher die Leistung vom Stürzen der Kippwagen auf die Brecher bis zur versandfertigen Beladung des Zuges. Ferner sind berücksichtigt die Kosten für laufende Ausbesserungen, Nachtwachkosten, Kosten der Sonntagswache und sämtlicher Betriebsmaterialien; endlich ist eine nach den bisherigen Erfahrungen genügende Pauschsumme für Ergänzung rasch verschleifsender Theile, als Brechbacken, Becherkette und Mantel der Siebtrommel, eingesetzt worden. Tilgung und Verzinsung des Anlagecapitals sind dagegen noch nicht berücksichtigt.

Zur Herstellung der oben angegebenen Menge Kleinschlag und Gries wurden verausgabt:

1) für Kippen der Förderwagen, Einwerfen in die Brecher, Bedienen der Trichter, Verbringen des Kleinschlags und des Grieses in die Bahnwagen einschliefslich der Löhne für Maschinist, Heizer und Aufseher	3570,64 ℳ.
2) für Nacht- und Sonntagswache	326,60 „
3) für laufende Ausbesserungen an Sonn- und Feiertagen in Ueberstunden und an besonderen Ausbesserungstagen	225,48 „
4) für Betriebsmaterialien, als Kohlen, Oel, Schmiere, Putzwolle usw.	1182,99 „
zusammen	5305,71 ℳ.

Wenn der Werth des Grieses aufser Betracht bleibt, so betragen die Gesamtkosten für die Herstellung und Verladung des Kleinschlags einschliefslich der Verladung des Grieses auf 1 cbm berechnet rund 46 Pf. Die unter 3) aufgeführten Kosten werden durch bessere Schulung des Personals später erheblich geringer, dagegen werden unter anderen Verhältnissen die Kosten der Kohlen, welche hier ohne Frachtbelastung von der in unmittelbarer Nachbarschaft belegenen Grube König bezogen werden, sich höher stellen. Für Ergänzung der rasch verschleifsenden Maschinentheile mufs für das Betriebsjahr ein Betrag von 3000 ℳ vorgesehen werden, mithin arbeitstäglich rund 10 ℳ; bei einer Tagesleistung von 120 cbm würde sich demnach der oben berechnete Betrag von 46 Pf. um 8 bis 9 Pf. erhöhen; es mufs jedoch berücksichtigt werden, dafs der Gries, welcher in der Menge von 16 bis 18 cbm täglich erzeugt wird, einen erheblich höheren Werth besitzt, und es kann daher bei der Nutzungsberechnung mit Sicherheit, wenigstens für den hiesigen Bezirk, angenommen werden, dafs die Kosten der gröfseren Ergänzungen abgängiger Maschinentheile und auch die Kosten aufsergewöhnlicher Instandsetzungen durch den Werth des Grieses vollauf gedeckt werden.

Was die Anlagekosten und deren Tilgung betrifft, so war der Lagerplatz, auf dem die Vorzerkleinerung stattfindet, vorhanden und auch ein Theil der von dem Hüttenhofe zu dem Lagerplatz führenden Gleise hergestellt. Für Ergänzung der Erdarbeiten und der Gleisanlagen sind im ganzen verausgabt worden 8112,11 ℳ; bei Berechnung der Tilgung kann diese Summe aufser Betracht bleiben.

Für die eigentliche Brecheranlage sind verausgabt worden:

1) für Hochbauten einschliefslich Grundmauern der Maschine und Herstellung der Verladebrücke	8479,52 ℳ.
2) für Maschinenanlagen und Triebwerke, Wasserleitung	21278,26 „
3) für Geräthe, Förderwagen usw., für persönliche und sonstige Auslagen für Bauleitung usw.	3199,43 „
4) für die elektrische Beleuchtung	2100,— „
zusammen	35057,21 ℳ.

Mit Rücksicht auf den angestrengten Betrieb soll die bei Maschinenanlagen übliche Tilgung von 10 v. H. verdoppelt, eine Verzinsung dagegen nicht gerechnet und angenommen werden, dafs die ganze Anlage nach 5 Betriebsjahren werthlos wird und nur noch einen Materialwerth von 5057,21 ℳ besitzt. Es ist dann für das Betriebsjahr eine Tilgungssumme

von 6000 ℳ aufzubringen. Mit Sicherheit kann angenommen werden, dafs die Anlage jährlich 30000 cbm Kleinschlag erzeugen wird; es soll jedoch bei Feststellung des Tilgungssatzes nur eine Gesamtleistung von 120000 cbm in 5 Jahren, mithin eine Jahresleistung von 24000 cbm zu Grunde gelegt werden. Hiernach kommen als Tilgungsbeitrag auf 1 cbm Kleinschlag $\frac{6000}{24000} = 0{,}25$ ℳ und betragen daher die Gesamt-Zerkleinerungs- und Verladekosten für 1 cbm Kleinschlag $0{,}46 + 0{,}25 = 0{,}71$ ℳ. Dieser Satz kann für das härteste Steinmaterial als ausreichend angesehen werden. Falls keine Verwendung des Nebenerzeugnisses — Gries — möglich ist, so werden die Kosten sich um 8 bis 9 Pf. erhöhen, voraussichtlich aber den Betrag von 0,80 ℳ bei zweckmäfsiger Einrichtung der Anlage nicht übersteigen.

Die Gesamtkosten des Kleinschlags einschliefslich der Gestehungskosten des Materials, die Kosten der Vorzerkleinerung und der Beförderung der Grobschlacken bis zur Anlage berechnen sich wie folgt:

1) Ein cbm Schlacken, berechnet nach fertig hergestelltem und in Bahnwagen verladenem Kleinschlag — der Gries bleibt aufser Betracht — kostet	0,50 ℳ
2) Die Vorzerkleinerung und die Beförderung des Brechgutes von dem Lagerplatz zur Anlage betragen f. 1 cbm Kleinschlag	0,42 „
zusammen	0,92 ℳ

Es betragen daher die Gesamtkosten für 1 cbm Kleinschlag aus Hochofenschlacken $0{,}92 + 0{,}71 = 1{,}63$ ℳ. Gegenüber dem Preise des Handkleinschlags aus demselben Material, welcher 3,25 ℳ frei Bahnwagen Versandort kostet, werden daher f. 1 cbm erspart $3{,}25 - 1{,}63 = 1{,}62$ ℳ. Nach Tilgung der Anlage wird die Ersparnifs für 1 cbm Kleinschlag betragen 1,87 ℳ, da der Gesamtpreis des Maschinenkleinschlags sich dann um die mit 0,25 ℳ für 1 cbm berechneten Tilgungskosten niedriger stellt.

2. Die Steinbrechanlage zwischen den Stationen St. Wendel und Ottweiler.

(Blatt 51.)

Diese Steinbrechanlage weicht in ihrer ganzen Anordnung wesentlich von der zuerst beschriebenen ab; sie befindet sich bei km 109 der Nahebahn an einem hoch gelegenen Dioritsteinbruch, bei dem es die örtlichen Verhältnisse thunlich machten, die gewonnenen Dioritsteine vermittelst einer Förderbrücke dem Steinbrecher, der auf einem 6,9 m über Schienenunterkante der Verladegleise sich erhebenden massiven Steinpfeiler lagert, ohne künstliche Hebung zuzuführen und das gebrochene Material ebenfalls in der Hauptsache ohne weitere Hebungen in die Bahnwagen zu befördern. Die Anlage ist für eine Leistungsfähigkeit von 90 cbm Kleinschlag in zehn Arbeitsstunden berechnet, und zwar soll diese Leistung mit einer Steinbrechmaschine, welche wie die Maschinen der anderen Anlage 600 mm Breite und 300 mm obere Weite des Brechmauls erhalten hat, mit voller Sicherheit erreicht werden. Auch soll die Anlage zur Erzeugung von grobem Schotter von 8 bis 9 cm Korngröfse dienen, welcher an Stelle von Packlage unter der Kleinschlagbettung als erste Lage geschüttet wird, und dann etwa 100 bis 120 cbm in zehn Stunden liefern. — Die Erzeugung von Grobschotter ist bei der erstbeschriebenen Anlage nicht vortheilhaft, da das Kettenbecherwerk so grobes Material nicht mit Sicherheit aufnimmt und in der Regel die Vortheile, welche man durch Steigerung der Leistung der Steinbrecher bei der Erzeugung von Grobschlag erzielen will, durch die Störungen in dem Betriebe des Becherwerks verloren gehen. Man würde daher, wenn man bei einer Anlage mit künstlicher Hebung des gebrochenen Materials auch Grobschlag erzeugen will, das Siebwerk besser tiefliegend anordnen und die zum Verbringen des Materials nach den Bahnwagen dienenden Kippwagen durch Aufzüge auf die Höhe der Ladebühne zu befördern haben, um einen sicher gehenden Betrieb zu erzielen. Bei der hier beschriebenen Anlage ist es für den Gang gleichgültig, ob grobes oder feines Gut erzeugt wird.

Um die in Aussicht genommene Leistung mit nur einer Maschine sicher zu erreichen, mufs dieselbe so kräftig angetrieben werden, dafs auch bei stärkster Beschickung und vollständiger Füllung des Brechmauls die Bremswirkung ohne merklichen Einflufs auf die Umdrehungszahl der Steinbrechmaschine bleibt; auch mufste die Steinbrechmaschine entsprechend der erheblich gröfseren Beanspruchung besonders stark gebaut und mit kräftiger wirkenden Schwungrädern von gröfserem Durchmesser ausgerüstet werden. Die Riemenscheibe des Brechers, welche ohne Zwischenübertragung mit einem 250 mm breiten Riemen von dem Schwungrad einer bis zu 40 P. S. leistenden Kesseldampfmaschine angetrieben werden soll, hat 1000 mm Durchmesser bei 275 mm Kranzbreite erhalten, und es kann bei dem kräftigen Riemenzuge ein gleichmäfsiger Gang des Brechers auch bei gröfster Belastung erwartet werden. — Da für den Querschwellenoberbau mit Schwellen-Profil No. 36 h der Nachweisung der auf den preufsischen Staatsbahnen vorkommenden eisernen Schwellen die Beschaffung eines Schotters von 3 bis 4 cm Korngröfse sehr erwünscht ist, indem sich der enge Hohlraum des oberen Theils der Schwelle mit gröberem Kleinschlag nur mit Schwierigkeit genügend stopfen läfst, so soll der Kleinschlag nach Korngröfsen gesondert werden. Zu diesem Zwecke erhält die Siebtrommel in ihrer ersten Hälfte eine Lochung von 20 mm und in der zweiten eine solche von 40 mm. Alle Stücke unter 20 mm fallen mit dem sich ergebenden Gries und Steinstaub in einen unter der ersten Trommelhälfte liegenden Trichter. Soll dieses Material zu Wegebefestigungszwecken u. dgl. verwendet werden, wobei die Entfernung der feineren Theile nicht nothwendig ist, so wird dasselbe durch den Trichterauslauf den in der Abb. 5 Bl. 51 angedeuteten Förderwägelchen zugeführt und auf einem Schmalspurgleis bei seite geschafft; eine besondere Einrichtung für die Verladung desselben ist nicht vorgesehen. — In der Regel wird das aus der ersten Trommelabtheilung kommende Gut durch entsprechende Stellung des Trichterauslaufs einem kleinen Becherwerk von 150 mm Becherbreite zugeführt und von diesem in eine zweite kleinere Siebtrommel von 7 mm Lochweite behufs Entfernung der feineren Theile und des Staubes gehoben. Der nun abgesiebte Feinschlag gelangt aus dieser Trommel in einen über dem Ladegleis I erbauten Trichter, welcher eine Wagenladung fafst. Der Feinschlag ist als Bettungsmaterial brauchbar, soll indes vornehmlich zur Verfüllung der bis zur Schwellenoberkante in Kleinschlagbettung liegenden Gleise benutzt werden. — Der Feingries gelangt aus der kleinen Siebtrommel ebenfalls in einen besonderen Trichter und wird auf dem Schmalspurgleis weiter befördert. Aus der zweiten Abtheilung der grofsen Siebtrommel fällt der Kleinschlag von 2 bis 4 cm Korngröfse in einen unter

der zweiten Trommelhälfte liegenden Trichter und wird von dem letzteren aus unmittelbar in die Bahnwagen gefördert. Der durch die Trommel laufende gröbere Kleinschlag wird dem im zweiten Verladegleis stehenden Bahnwagen zugeführt, und da die Führungsrinne nicht genügende Neigung erhalten kann, wenn nicht die ganzen Höhenverhältnisse der Anlage ungünstig gestaltet werden sollen, so ist diese Rinne nach einem patentirten System als Rüttelrinne angeordnet, welche durch eigenthümliche kurz schwingende Bewegungen das aufgegebene Gut in einen zum Rinnenauslauf führenden fortschreitenden Gang bringt. Die Gleise, auf welchen die in dem Bruche gewonnenen Steine in Muldenkippern der Steinbrechmaschine zugeführt werden, endigen in einer kleinen Drehscheibe, sodafs die Beförderung der Wagen ohne Unterbrechung bewirkt werden kann. Ausgekippt werden die Wagen an einem geneigten Abschufsboden, dessen tiefste Kante mit der Oberkante des Brechmauls abschneidet.

Die in einem besonderen Schuppen untergebrachte Kesseldampfmaschine, deren Kessel 28,9 qm Heizfläche bei 6 Atmosphären Ueberdruck erhalten hat, leistet bei 285 mm Cylinderdurchmesser, 360 mm Hub und 110 Umdrehungen in der Minute mit $^1/_5$ Füllung etwa 25 Pferdestärken; bei gröfserer Füllung kann die Leistung auf 40 bis 45 Pferdestärken gesteigert werden. Die Steuerung ist eine Präcisions-Flachschiebersteuerung. Die Dampfmaschine hat zwei Riemenscheibenschwungräder, von welchen das eine 2300 mm Durchmesser und 275 mm Kranzbreite erhalten und den Riemenlauf zum Antriebe des Steinbrechers aufzunehmen hat, während von dem zweiten Schwungrade mit 1850 mm Durchmesser eine gleichlaufend zur Maschinenwelle angeordnete Uebertragungswelle angetrieben wird. Von dieser Welle aus werden die grofse Siebtrommel mit einem offenen und die Welle der Rüttelrinne mit einem halbgeschränkten Riemen angetrieben. Der Antrieb der zweiten, kleineren Siebtrommel und des kleinen Becherwerks erfolgt von der Achse der grofsen Trommel aus. Von der vorerwähnten Welle sollen noch eine kleine Kreiselpumpe (durch welche das erforderliche Speise- und Sprengwasser zur Benetzung des Brechgutes aus dem Bliesbache beschafft wird) und eine kleine im Maschinenschuppen unterzubringende Dynamomaschine angetrieben werden. — Die Verladegleise haben ein Gefälle von 1 : 200 erhalten, sodafs das Verschieben der beladenen und das Heranbringen der leeren Wagen ohne Schwierigkeit erfolgen kann.

Die Kosten berechnen sich ohne die Gleisanlagen wie folgt:

1) Maschinenfundamente, Hochbauten u. Förderbrücke	6300 ℳ
2) Kesseldampfmaschine, fertig aufgestellt mit allem Zubehör	7100 „
3) Brecheranlage mit Siebwerken, Triebwerke mit Riemen, Trichter, Ersatztheile usw.	10700 „
4) Elektrische Beleuchtung — 3 Bogenlampen — Wasserversorgung, Geräthe usw.	4000 „
mithin zusammen zu	28100 ℳ

Die Bruchsteine kosten bis an die Steinbrechmaschine geliefert für 1 cbm	1,10 ℳ
Der Bruchzins beträgt	0,20 „
Für Zerkleinerungs- und Verladekosten sind zu rechnen für 1 cbm	0,46 „
Für Verzinsung und Tilgung für 1 cbm	0,25 „
zusammen für 1 cbm	2,01 ℳ

Wegen des geringeren Werthes des Feingrieses ist dieser Betrag auf 2,10 ℳ für 1 cbm Kleinschlag frei Bahnwagen Anlage abzurunden. Da der Dioritkleinschlag, welcher mit Handarbeit hergestellt wird, unter gleichen Verhältnissen 4 ℳ kostet, so beträgt die Ersparnifs 1,90 ℳ für 1 cbm.

Die Einrichtungen der beiden hier beschriebenen Anlagen mit Ausnahme der Kessel und Dampfmaschinen sind von der Firma Jos. Pallenberg in Mannheim geliefert; das Material der Brechbacken ist Hartgufs von Gruson.

Nachtrag. Die Anlage an der Zweigbahn von Neunkirchen nach Grube König war in der Zeit vom 1. Mai 1893 bis 30. April 1894 an 262 Tagen in Betrieb. Die Gesamtleistung betrug in dieser Zeit 33 600 cbm Kleinschlag und 6470 cbm Gries. Die Gesamtausgaben, welche für die Berechnung der Kosten des Kleinschlags in Betracht kommen, betrugen 46 000 ℳ; es kostete daher 1 cbm Kleinschlag 1,37 ℳ und zuzüglich des Tilgungssatzes 1,37 + 0,25 = 1,62 ℳ. Der Gesamtbetrag der Tilgung des Anlagewerthes beträgt für das erste Betriebsjahr 33 600 × 0,25 = 8400 ℳ, während in der Nutzungsberechnung eine jährliche Tilgungssumme von 6000 ℳ vorgesehen wurde. Gegenüber den Kosten des Handkleinschlags wurden im ersten Betriebsjahr insgesamt erspart

33 600 × (3,25 — 1,62) = 54 768 ℳ.

Die zweite, im März 1894 in Betrieb gesetzte Anlage arbeitet noch etwas vortheilhafter; dieselbe liefert mit einem Steinbrecher in einer zehnstündigen Arbeitsschicht

65 cbm Kleinschlag von 4 bis 6 cm Korngröfse
20 „ „ „ 2,5 „ 4 „ „
15 „ Feinschlag „ 1,5 „ 2,5 „ „

insgesamt 100 cbm Bettungsstoff, dessen Kosten noch unter dem angenommenen Betrage von 2,10 ℳ für 1 cbm bleiben werden.

Durch den Betrieb beider Anlagen kann für die Dauer des grofsen Bedarfs an Bettungsstoffen eine jährliche Ersparniss von 90 bis 100 000 ℳ mit Sicherheit erwartet werden.

Saarbrücken, im Mai 1894.

Mühlen.

Ueber die verschiedenen Arten von Dampfschöpfwerken zur Entwässerung von Niederungen.

Vom Königlichen Baurath Post.

(Mit Abbildungen auf Blatt 37 und 38 im Atlas.)

(Schlufs.)

4. Heber-Centrifugalpumpen.

Trotz der in Holland stellenweise von ganz erfahrenen Fachleuten noch gehegten gegentheiligen Ansicht, die sich aber nur auf die mit älteren, nach diesem Systeme ausgeführten Anlagen stützt, gewinnen die Hebercentrifugalpumpen, nachdem sie in neuerer Zeit an vielen Stellen in gröfserem Mafsstabe mit neueren, wesentlich verbesserten Constructionen zur Ausführung gebracht sind, infolge der damit gemachten günstigen Erfahrungen eine hervorragende Bedeutung für die künstliche Entwässerung von Niederungen. Ein Blick auf die in Abb. 1 u. d. Erl. gegebene Darstellung der bei verschiedenen Schöpfwerken meist durch amtliche Proben festgestellten Wirkungsgrade (100 Nw/Ni), zeigt eine so erhebliche Zunahme der letzteren bei neueren Anlagen dieser Art (wie z. B. der St. Jürgensfelder bei Bremen) gegenüber denjenigen, welche bei älteren Anlagen (Zuidplas-Polder, Bullewyk-Polder in Holland) beobachtet worden waren, dafs man behaupten kann: „Die neueren Anlagen zeigen mindestens denselben Wirkungsgrad wie gut construirte Pump- und Schöpfräder bezw. Kreiselpumpen.“

Fast bei allen von dem Verfasser besichtigten Anlagen hat sich gefunden, dafs das Wasser, um die Welle gegen Achsendruck zu schützen, von beiden Seiten in das Radgehäuse eingeleitet, sowie, dafs die Zu- und Ableitungsröhren unter die niedrigsten Ober- bezw. Unterwasserstände geführt worden waren (Hebersystem). Beide Anordnungen müssen für Schöpfwerke dieser Art als die besten bezeichnet werden, die letztere insbesondere deshalb, weil hierdurch erreicht wird, dafs bei allen Wasserständen nur der jeweilige Höhenunterschied zwischen Ober- und Unterwasser als Förderhöhe auftritt.

Bei der Verwendung hatten sich jedoch im Laufe der Zeit wesentliche Veränderungen in der Ausbildung der Einzeltheile ergeben, und es ist anzunehmen, dafs diesen hauptsächlich die grofsen Unterschiede zwischen den Wirkungsgraden der älteren und der neueren Anlagen zuzuschreiben sind.

Vergleicht man die im Jahre 1876 erbauten Centrifugalpumpen für den Zuidplas-Polder in Holland mit denen in 3 auf Bl. 38 dargestellten für das St. Jürgensfelder Schöpfwerk, so ergiebt sich zunächst sogleich für letzteres eine ganz erheblich gröfsere Weite der An- und Abführröhren, wodurch besonders der zweite (schädliche) Theil der auf S. 269 erwähnten Arbeit verringert wird. Sodann ergiebt sich, dafs Ein- und Auslauf neben dem Schaufelrade bei dem St. Jürgensfelder Kreisel viel bequemer gestaltet sind. Die Zahlenzusammenstellung oben auf S. 396 giebt ein Bild davon, wie viel günstiger überhaupt die Verhältnisse bei diesem Schöpfwerke gewählt sind, und anderseits, welche heftigen Reibungen, Stöfse, Richtungs-Aenderungen usw. das Wasser beim Durchströmen der Pumpen des Zuidplas-Polders erfahren mufs.

Diese Pumpen sind von Gwynne u. Co. in London erbaut, welche Firma nur beiderseits geschlossene Räder verwendet, abweichend von den St. Jürgensfelder Rädern, welche beiderseits offen sind.

	Zuidplas-Polder	St. Jürgensfeld
Bei einer Förderhöhe . . .	1,79 m	1,79 m
wird gefördert	1,98 cbm	2,60 cbm
Durchmesser des Schaufelrades	1,83 m	2,00 m
Durchflufs-Querschnitt d. Saugrohres	0,65 qm (ein Rohr)	1,77 bis 1,81 qm (zwei Rohre)
Durchflufs-Querschnitt des Abführrohres	0,65 bis 0,72 qm	1,76 qm
Lichte Höhe des Radgehäuses	2,45 m	3,58 m
Durchflufs-Querschnitt in dem das Rad umgebenden Spiralcanale		
im ersten Viertel der Drehung	0,14 qm	0,65 qm
„ zweiten „ „ „	0,16 qm	1,24 qm
„ dritten „ „ „	0,37 qm (höchstens)	1,31 qm

Sehen wir von den für das Zuidplas-Schöpfwerk gewählten ungünstigen Verhältnissen ab, und vergleichen wir die in Abb. 16 im Querschnitt dargestellten, auch mit beiderseits geschlossenen Schaufeln versehenen, im übrigen aber wesentlich besser angeordneten Pumpen nach der neuesten Bauart von Brodnitz und Seydel in Berlin mit den für St. Jürgensfeld (3 auf Bl. 38), so ergiebt sich folgendes:

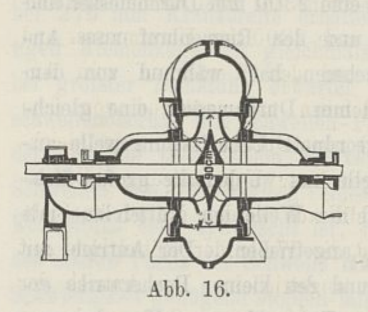


Abb. 16.

1. Der Einlauf des Wassers in die Radschaufeln ist bei den Seydelschen Pumpen scheinbar etwas günstiger. Dagegen werden die beiderseitigen Wasserströme dort, wo sich die Schaufeln vereinigen, mit grofser Geschwindigkeit und merklichem Winkel, also ungünstig auf einander stofsen, was bei dem System Mehlis nicht der Fall ist.

2. Durch beiderseits geschlossene Schaufeln soll bei den Seydelschen Pumpen hauptsächlich ein Rückströmen des Wassers durch den Spielraum zwischen Rad und Gehäuse vermieden werden. Es erscheint aber viel wahrscheinlicher, dafs bei gleichem Spielraume eine solche Rückströmung neben beiderseits geschlossenen Schaufeln wie neben beiderseits offenen geschieht, weil im letzteren Falle durch die grofse Wassergeschwindigkeit auch die neben den Gehäusewänden befindlichen Wasserfäden mitgerissen werden, was im ersteren Falle, wo letztere getrennt gehalten sind, nicht geschieht. Die beiderseits offenen Schaufeln erscheinen daher zweckmäfsiger.

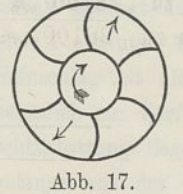


Abb. 17.

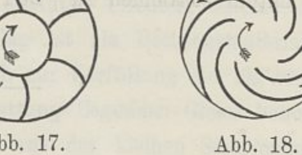


Abb. 18.

Gwynne und Seydel geben, soviel sich in Erfahrung bringen liefs, der annähernd speichenförmigen Schaufelstellung (vgl. Abb. 17) den Vorzug und verwenden weniger Schaufeln, als Mehlis (Abb. 18). Beides kann als zweckmäfsig nicht bezeich-

net werden. Denn erstens wird sich bei der Mehlisschen Form die fast tangentiale, relative Austrittsgeschwindigkeit mit der etwas gröfseren Umfangsgeschwindigkeit des Rades zu einer möglichst kleinen Mittelkraft zusammensetzen, sodafs der Uebergang in die langsamere Wasserbewegung im Abführrohr mit weniger Verlust an lebendiger Kraft erfolgen kann. Sodann ist die Bewegung zwischen den rückwärts gekrümmten Schaufeln bei gleichbleibender Radbreite regelmäfsiger, weil der Querschnitt der Wassergänge zwischen denselben nur wenig wechselt. Auch ist das Schaufelrad als Schwungrad wirksamer, da mehr und weiter von der Drehachse gruppirte Wassermassen darin enthalten sind als bei nach aufsen abnehmender Breite. Allerdings wird in den betreffenden Lehrbüchern (z. B. Hartmann, Die Pumpen, S. 501) nachgewiesen, dafs Räder mit rückwärts gekrümmten Schaufeln unter gleichen Verhältnissen und bei gleicher Leistung eine gröfsere Umfangsgeschwindigkeit erhalten müssen als bei vorwärts gekrümmten Schaufeln. Dieser Umstand, der bei unmittelbarer Kraftübertragung von der Dampfmaschine allerdings unbequem ist, kann aber leicht durch Vergröfserung des Schaufelrades ausgeglichen werden.

Aus allen vorstehend aufgeführten Gründen ist es erklärlich, dafs, wie aus Abb. 1 u. d. Erl. hervorgeht, der Wirkungsgrad der Pumpen älterer Bauart, wie der des Zuidplas-Polders, so erheblich gegen den der St. Jürgensfelder zurückbleibt.

Eine weitere wesentliche Erhöhung des Wirkungsgrades beim Durchströmen der Pumpe mit An- und Abführrohr kann durch eine allmähliche Erweiterung des letztern nach seiner Ausmündung zu geschehen (Abb. 19), denn es ist klar, dafs die im Innern der genannten Theile erzeugten höheren Geschwindigkeiten nur insofern den Wirkungsgrad beeinflussen, als Reibungen, Wasserstöfse usw., die sich, wie vorstehend erörtert, durch geschickte Anordnungen möglichst vermindern lassen, denselben herabsetzen können, dafs aber im übrigen nach dem Grundsatze von der Erhaltung der lebendigen Kraft gröfsere innere Wassergeschwindigkeiten beim Ausflusse des Wassers in gröfsere Massenbewegung umgesetzt werden und nur die Erzeugung der Ausströmungsgeschwindigkeit als eine schädliche Leistung des Schöpfwerks angesehen zu werden braucht.

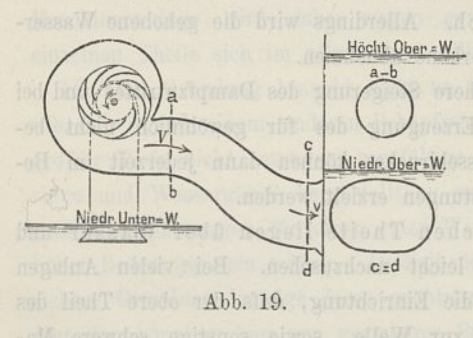


Abb. 19.

Man kann daher die Leistung ganz erheblich steigern, wenn man die Ausflufs-Geschwindigkeit möglichst klein, die Rohrausmündung daher möglichst grofs annimmt. Eine solche Erweiterung ist z. B. bei Schöpfwerken für den Polder Stein (s. 4 auf Bl. 38), den Riddeskerk-Polder und den Polder groot en klein Keulevaat in Holland, allerdings nur in geringem Mafse, dagegen in ganz grofsartigem Umfange bei einem von Farcot in Paris zu Khathatbeh in der Provinz Behera in Unterägypten zur Versorgung mit Nil-Wasser erbauten Schöpfwerke*) vorgenommen. Bei letzterem erweitert sich das hinter dem Pumpengehäuse nur 1,6 m weite Abführrohr an der Mündung auf 2,5 m l. Höhe und 4,0 m l. Weite, also von rund 2,0 qm auf 10,0 qm. Aus angestellten Proben hat sich dort bei 3,13 m Förderhöhe, 33 bis 35 Umdrehungen in der Minute eine mit einer Pumpe secundlich geförderte Wassermenge von 6,87 cbm und hierbei ein Wirkungsgrad von $100\,\frac{Nw}{Ni}$ = 65 v. H. ergeben.**)

Ein Blick auf die in Fig. 3 auf Bl. 38 gegebene Darstellung der St. Jürgensfelder Anlage zeigt, dafs die Rahmen der an der Ausmündung der Abführrohre angebrachten kleinen Verschlufsklappen den Querschnitt sehr verengen und deshalb wegen Erzeugung zu grofser Ausflufsgeschwindigkeit, also besonders, wenn bei geringen Förderhöhen grofse Wasserbewältigung erstrebt wird, sehr schädlich wirken. Die gesamte Durchflufsöffnung zwischen den Klappenrahmen beträgt 1,38 qm, die sich infolge Contraction auf mindestens $0{,}9 \cdot 1{,}38 = 1{,}24$ qm verringern wird. Bei der amtlichen Probe sind 4,5 cbm Wasser bei der geringen Förderhöhe von rund 0,40 m geschöpft, sodafs eine Austrittsgeschwindigkeit von 3,6 m erzeugt wurde, entsprechend einer schädlichen Druckhöhe von 0,83 m, welche die Förderhöhe um das Doppelte überstieg; die nutzbare Ausflufsöffnung hätte daher mindestens ebenso grofs oder besser noch gröfser als der Querschnitt des Abführrohres hergestellt werden müssen. Aus dieser mangelhaften Einrichtung ergiebt sich auch die geringe Wölbung des unteren Theils der aus der Abb. 1 u. d. Erl. ersichtlichen, den Wirkungsgrad des St. Jürgensfelder Schöpfwerks darstellenden Curven.

Der Abschlufs des Oberwassers geschieht durch Klappen, von denen bei älteren Anlagen meist nur eine, bei neueren, z. B. der Firma Mehlis u. Behrens, mehrere in einem aufziehbaren Rahmen gruppirte angeordnet sind. Um in letzterem Falle zu vermeiden, dafs am Auslauf eine schädliche Verengung des Wasserquerschnitts stattfindet, ist bei dem Schöpfwerk Neuland-Engelschof (Fig. 5 auf Bl. 38) eine ganz erhebliche Erweiterung der Ausmündung angenommen. Steigt das Oberwasser über das Pumpengehäuse, so wird aufserdem zuweilen vor demselben ein Abschlufsschieber angebracht, Fufsklappen an den Saugrohren dürften für den Pumpenbetrieb als entbehrlich bezeichnet werden, da das Füllen während weniger Minuten durch einen Dampfejector zu geschehen pflegt, was allerdings nur bei wirklichen Hebercentrifugalpumpen möglich ist. Die stattgehabte Füllung wird durch Wasserstandsgläser ersichtlich gemacht.

Die Saughöhe ist nicht zu grofs zu nehmen, da alsdann die durch etwaige Undichtigkeiten in den Rohranschlüssen zuströmende und aufserdem die im Wasser gebundene und bei geringeren Pressungen als dem Atmosphärendrucke freiwerdende Luft in geringeren Mengen, als bei grofsen Saughöhen in das Gehäuse dringt, woselbst eine gröfsere Ansammlung derselben dem Wirkungsgrad der Centrifugalpumpe ungünstig beeinflussen kann. Doch sind die Pumpen einschliefslich Verankerung immer in bequemer Höhe über dem Unterwasser aufzustellen. In sehr einfacher Weise kann übrigens, falls die Pumpe nicht zu hoch steht, erfahrungsmäfsig die Luft jeder-

*) Hartmann, Die Pumpen, S. 488.

**) Dieser hohe Wirkungsgrad entstand also trotz der grofsen Geschwindigkeit im Innern des Abführrohrs von $\frac{6{,}87}{2} = 3{,}44$ m, weil sich diese an der Mündung auf $\frac{6{,}87}{10} = 0{,}69$ m ermäfsigte.

zeit durch zeitweilige Vergröfserung der Umdrehungsgeschwindigkeit aus dem Druckrohr herausgeschleudert werden, selbst wenn sich dasselbe (wie bei allen Heberpumpen) erheblich nach unten krümmt.

Die bei allen besseren Anlagen, z. B. auch bei der in St. Jürgensfeld (3 auf Bl. 38) ausgeführte Einrichtung, dafs der obere Theil des Pumpengehäuses bis zur Welle leicht abgehoben und das Schaufelrad gelegentlich nachgesehen werden kann, bietet grofse Vortheile.

Die Kraftübertragung von der Dampfmaschine aus geschieht fast bei allen neueren Anlagen unmittelbar auf die Pumpenwelle ohne Zwischenräder, da durch letztere wegen des raschen Ganges grofse Reibungsverluste entstehen. Allerdings erfordert diese Anordnung bei gröfseren, bei Verwendung dieser Pumpengattung meist in Frage kommenden Förderhöhen recht schnellgehende Dampfmaschinen. Deshalb pflegt man zunächst die Umdrehungsgeschwindigkeit der Pumpenwelle dadurch zu verringern, dafs man den Durchmesser des Schaufelrades vergrössert. Durch dieses Mittel wird für die äufseren, im Rade befindlichen Wassertheilchen die Centrifugalkraft $= m \cdot r \cdot a^2$ ($m =$ Masse, $r =$ Abstand vom Drehpunkte, $a =$ Winkelgeschwindigkeit) durch Vergröfserung von r gesteigert, sodafs a geringer bleiben kann. Auf diese Weise ist es zu erreichen, dafs bei den hier (für Entwässerung von Niederungen) auszuführenden Centrifugalpumpen meist erheblich weniger als 100 Umdrehungen in der Minute erforderlich werden. Eine, allerdings seltene Ausnahme bildet das Schöpfwerk für den Blocklandschen Polder (s. 4 auf Bl. 37), bei welchem wegen grofser Förderhöhe (4,5 bis 5,0 m) und geringer Wassermenge (0,20 cbm in der Sec.) auf das Schaufelrad eine aufsergewöhnlich grofse Umdrehungsgeschwindigkeit, aber eine geringe Kraft zu übertragen war, sodafs sich hierfür am besten Riemenbetrieb eignete.

Der Verwendung von Dampfmaschinen, welche unmittelbar auf die Pumpenwelle wirken, also eine gleiche Anzahl von Doppelhüben wie letztere ausführen müssen, steht aber gar kein Bedenken entgegen, wenn die Umdrehungszahl unter der oben angeführten Grenze von 100 in der Min. bleibt, da eine zu grofse Geschwindigkeit durch geringere Länge der Dampfcylinder vermieden werden kann. Solche Maschinen sind nun, und dieses ist wieder ein grofser Vortheil, besonders bei hohen Kesselspannungen und hohen Expansionsgraden gut zu verwenden, da dann die Ungleichmäfsigkeiten des treibenden Dampfdruckes von den durch hin- und herschwingende Massen (als Kolben mit Stange, Schubstange, Kurbel) erzeugten Unregelmäfsigkeiten zum grofsen Theile aufgehoben werden, wie dieses vom Professor Radinger in Wien*) nachgewiesen worden ist. Ein zweiter Vortheil des raschen Ganges ist die geringere Abkühlung des Dampfes, zumal dann, wenn Verbundmaschinen, wie es bei vielen der vorstehend beschriebenen gröfseren Anlagen der Fall ist, verwendet werden. Solche Maschinen sind auch in Anlage und Betrieb billiger als die langsam gehenden und deshalb weit umfangreicheren, welche den Schöpf- und Pumprädern angepafst sind.

Man würde demnach bei Anlagen mit Centrifugalpumpen immer möglichst hohe Kesselspannungen über 6 Atm. wählen. Bei kleineren Anlagen, z. B. für den Polder Stein bei Gonda in Holland (4 auf Bl. 38), sind eincylindrige Maschinen mit veränderlicher Expansion (System Meyer) und Condensation bei Verwendung eines kleinen Schwungrades, bei gröfseren viel benutzten Anlagen Verbundmaschinen mit versetzten Krummzapfen ohne Schwungrad zu empfehlen, welche Bauart bei vielen neuen mustergiltigen Anlagen zur Ausführung gebracht ist. Darauf, ob die einzelnen Theile der Maschinenanlage mehr übersichtlich und gut zugänglich oder mehr gedrängt zusammengestellt werden müssen, dürfte die geringere oder gröfsere Kostspieligkeit des Unterbaues von einigem Einflusse sein. Die erstere Einrichtung ist jedoch immer die bessere.

Das Bedenken, dafs die raschgehenden Maschinen im Betriebe unsicher sind, braucht nach den Vervollkommnungen der Schmiervorrichtungen (selbstthätige Schmierapparate usw.) nicht mehr gehegt zu werden. Die Kosten des allerdings etwas grofsen Verbrauches an Schmiermaterial sind gegen die übrigen Betriebskosten nur gering.

Wir können die Vorzüge der Centrifugalpumpen anderen Schöpfwerkssystemen gegenüber wie folgt zusammenfassen:

1. Ihr Wirkungsgrad steht hinter demjenigen anderer Systeme nicht zurück.

2. Bei fast gleicher, nur durch geringe Veränderung des Dampfzutritts etwas zu beeinflussender Dampfmaschinenkraft genügt innerhalb grofser Grenzen eine Centrifugalpumpe für die beabsichtigte Wasserförderung. Einer besonderen Regelung während des Betriebes bedarf es nur insofern, als man bei geringeren Förderhöhen etwas weniger, bei gröfseren etwas mehr Dampfzutritt giebt. Dagegen wird kein An- und Abkuppeln von Arbeitsmaschinen während des Betriebes erforderlich. Allerdings wird die gehobene Wassermenge mit der Förderhöhe abnehmen.

3. Durch erheblichere Steigerung des Dampfzutrittes und bei etwaiger zeitweiser Erzeugung des für gewöhnlich nicht benutzten höchsten Kesseldruckes können dann jederzeit im Bedarfsfalle höhere Leistungen erzielt werden.

4. Alle beweglichen Theile liegen über Wasser und sind daher jederzeit leicht nachzusehen. Bei vielen Anlagen findet sich überdies die Einrichtung, dafs der obere Theil des Pumpengehäuses bis zur Welle, sowie sonstige schwere Maschinentheile vermittelst eines darüber angebrachten Laufkrahnes mit Schraubenflaschenzug durch eine Person leicht abgehoben werden können (vgl. 3 auf Bl. 38).

5. Entgegen allen vorher betrachteten Arten von Schöpfwerken wird hier der Wirkungsgrad durch die Ausführung des Mauerwerks fast gar nicht beeinflufst, was sehr wichtig ist, da sich fast überall, wo Dampfschöpfwerke angelegt werden sollen, schlechter Baugrund vorfindet.

6. Ebenso wird der Wirkungsgrad fast gar nicht von starkem Wechsel der Ober- und Unterwasserstände, wie z. B. bei Wurfrädern, schädlich beeinflufst.

7. Die Bedienung ist eine sehr einfache, da alle Theile der Maschinenanlage übersichtlich und nahe bei einander liegen. Der etwas rasche Gang der Maschinen dürfte bei Verwendung selbstthätiger Schmiervorrichtungen und bei gewissenhafter Wartung keine Gefahren in sich schliefsen.

8. Der Betrieb kann im Frühjahre weit früher beginnen, als bei Verwendung von Schöpf- und anderen Rädern mit Gerinnen, deren Betrieb eingestellt werden mufs, wenn und so lange Eisbildung stattfindet. Denn mit den in einem vollständig gegen aufsen abgeschlossenen heizbaren Maschinenraume

*) J. F. Radinger, Dampfmaschinen mit hoher Kolbengeschwindigkeit. Wien 1872.

aufgestellten Pumpen kann bereits unmittelbar nach Eintritt von Thauwetter unter dem Eise hinweg geschöpft werden, selbst wenn inzwischen wieder etwas Frost eintreten sollte. Man kann also mit Centrifugalpumpen unter sonst gleichen Umständen das betreffende Verbandsfeld im Frühjahre früher trocken legen und auch auf eine längere Betriebszeit während der Wintermonate rechnen.

9. Der Abschlufs des Oberwassers von dem Unterwasser geschieht hier sicherer als bei den übrigen Systemen und ohne dafs nennenswerthe Durchsickerungen vorkommen.

10. Ein ganz wichtiger Vortheil besteht ferner darin, dafs bei entsprechender, leicht ausführbarer Verlängerung der Saugröhren es jederzeit sich leicht ermöglicht, einen tieferen Binnenwasserstand zu erzeugen, wenn nachträgliche Bodensenkungen, wie sie infolge der Trockenlegung meist vorkommen, oder der Wunsch der Betheiligten, ihre Felder in einen noch besseren Culturzustand zu bringen, solches erforderlich machen sollte. Derartige Verhältnisse sind z. B. im Harlemer Meer-Polder, woselbst einfachwirkende Saugpumpen in grofsartigsten Abmessungen verwendet worden waren, eingetreten. Denn das dort gewählte Schöpfwerksystem gestattet leider keine tiefere als die anfänglich geplante Senkung des Unterwassers.

11. Dampf- und Schöpfmaschine erhalten wesentlich geringere Abmessungen, erstere wegen Verwendung höheren Druckes und gröfserer Geschwindigkeiten, letztere wegen der gegen die übrigen Systeme im allgemeinen kleineren Wassercanäle, welche hier nach vorstehenden Erörterungen erst an ihrer Ausmündung erheblich erweitert zu werden brauchen. Die Maschinenanlage wird daher wegen geringeren Gewichtes der einzelnen Theile sich im allgemeinen billiger stellen.

12. Die Gründung braucht nicht so tief geführt zu werden, wie bei irgend einem anderen Schöpfwerk. Auch brauchen in grofser Tiefe nicht besonders sorgfältige Mauerarbeiten für Gerinne und Wassergänge hergestellt zu werden, deren besonders genaue Ausführungen für einen guten Wirkungsgrad von wesentlicher Bedeutung sein müfste. Deshalb dürfte auch eine weniger sichere Gründung, infolge deren nachträgliche kleine Sackungen eintreten könnten, hier von geringerer Bedeutung sein.

13. Wegen geringeren Umfanges und gedrängterer Lage der Betriebstheile kann die Grundrifsfläche des Maschinengebäudes verhältnifsmäfsig klein gehalten werden.

Die Punkte 12 und 13 führen selbstredend eine um so beträchtlichere Verminderung der Anlagekosten auch für Bautheile herbei, die nicht zum Getriebe gehören, je schlechter der Baugrund ist.

Nach den vorstehenden Erörterungen erscheint es unzweifelhaft, dafs (ausgenommen da, wo es sich um eine aufsergewöhnlich grofse Massenförderung bei mäfsiger unveränderlicher Druckhöhe handelt und dann Wurfräder vielleicht geeigneter sein könnten) Hebercentrifugalpumpen im allgemeinen den Vorzug vor allen übrigen Arten von Schöpfwerken verdienen, weil sie sich fast allen Verhältnissen gut anpassen lassen. Im übrigen mufs in jedem Einzelfalle unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse und der jedem Systeme anhaftenden Eigenthümlichkeiten über die Wahl entschieden werden. An kritischen Betrachtungen in dieser Beziehung ist im allgemeinen wenig veröffentlicht worden. Werthvollere Aufsätze finden sich von Baurath Runde in verschiedenen Jahrgängen der Zeitschrift des hannoverschen Architekten- und Ingenieur-Vereins, sowie besonders von dem italienischen Ingenieur Cuppary in der tydschrift van het Koninklyk instituut van ingenieurs (1884—1885). Ziemlich werthlos ist die in derselben Zeitschrift (1882—1883) vom Ingenieur P. A. Korevaar enthaltene Abhandlung betitelt: „Welches sind die zweckmäfsigsten Wasser-Hebemaschinen." Dieselbe ist in dem genannten Aufsatze von Cuppary genügend kritisirt, sodafs auf diesen verwiesen werden darf. Hier mag nur bemerkt werden, dafs der Ingenieur Korevaar zu dem „merkwürdigen" Ergebnisse kommt, dafs, ganz unabhängig von der Förderhöhe, der Wirkungsgrad $100 \frac{Nw}{Ni}$ bei Schöpfrädern 67 v. H., bei Saug- und Druckpumpen 70 v. H. und bei Centrifugalpumpen 45 v. H. sei. Korevaar hält deshalb ausschliefslich die beiden ersten Systeme für brauchbar und hat danach bereits 69 Schöpfanlagen (48 mit Schöpfrädern und 21 mit Saug- und Druckpumpen) gebaut. Es scheint, dafs hierbei vorwiegend geschäftliche Rücksichten mafsgebend gewesen sind.

Zum Schlusse dieses Abschnittes sei noch eine in dem vorstehend angeführten Aufsatze von Cuppari enthaltene Zusammenstellung mitgetheilt, aus welcher hervorgeht, wie trotz vielfacher Anfeindungen die Verwendung der Centrifugalpumpen in Holland in den Jahren 1875 bis 1881 zugenommen hat.

Es wurden ausgeführt im Jahre	1875	1876	1877	1878	1879	1880	1881	zusammen
Schöpfräder	3	1	1	4	12	9	8	38
Centrifugalpumpen . .	1	1	6	6	11	9	16	50
Schöpfräder mit Centrifugalpumpen vereinigt	—	—	—	1	—	1	1	3
Pumpräder	—	—	—	1	—	1	—	2
Wasserschnecken (Vijzels) *)	3	1	7	2	12	4	1	30
Saugpumpen	—	—	1	1	—	—	—	2
Andere Schöpfwerke . .	3	—	2	6	—	1	2	12
zusammen im Jahre:	10	3	17	21	35	25	28	137

Für die Dampfkessel finden sich bei ausgeführten Schöpfanlagen besonders nachstehende Arten vertreten:

1) Walzenkessel mit Siederöhren (nur bei älteren Anlagen).

2) Walzenkessel mit ein oder zwei Flammenröhren, in denen vielfach Quersieder (Galloway-Röhren) angebracht sind. Oft vereinigen sich beide Flammenrohre hinter der Feuerbrücke zu einem grofsen länglich runden Rohre mit Quersiedern.

3) Röhrenkessel mit Unterfeuerung.

4) Beide Systeme zu 2) und 3) vereinigt, d. h. ein unterer Flammenrohr- und ein oberer Röhrenkessel.

Bei den neueren, besseren Anlagen finden sich am meisten die unter 2) aufgeführten Kessel verwendet. Je nach der Gröfse der Anlage werden ein Flammenrohr oder zwei Flammenrohre und Quersieder angebracht. Auch findet sich zuweilen (z. B. bei dem neuen Schöpfwerk für das Bremer Blockland) Wellblech für die Flammenrohre verwendet.

Unstreitig haben die Kessel unter 2) wegen grofser Heizfläche und gleichzeitig grofsen Wasserinhalts vorzügliche Heizkraft bei sicherem Betriebe und dürften für Anlagen, welche

*) Hier sind vermuthlich meist bestehende Windmühlen-Schöpfwerke mit Dampfmaschinen versehen worden. Bei vollständigen Neuanlagen wird man keine Wasserschnecken verwenden.

viel und dann anhaltend in Betrieb gesetzt werden müssen, als die besten empfohlen werden.

Die unter 3) erwähnten Kessel werden mit Vorliebe von dem Ingenieur Korevaar verwendet. Es mufs zugegeben werden, dafs Röhrenkessel wegen grofser Heizfläche und geringeren Umfanges eine sehr gute Heizkraft besitzen. Diese schwindet aber merklich, wenn, was sehr bald geschieht, die Röhren sich mit Rufs verstopfen; sie müssen daher sehr oft gereinigt werden. Aufserdem hat ein Röhrenkessel verhältnifsmäfsig wenig Wasserinhalt, wodurch ein regelmäfsiger Betrieb erschwert wird.

Zweckmäfsiger erscheint für den Fall, dafs die Art des Betriebes öfteres Reinigen der Röhren gesattet, die unter Nr. 4 aufgeführte Vereinigung vom Flammenrohr- und Röhrenkessel (wie bei dem St. Jürgensfelder Schöpfwerk). Man erhält dann neben guter Heizwirkung und grofser Betriebssicherheit eine möglichst kleine Grundfläche, wodurch die Anlagekosten des Gebäudes verringert werden — ein wichtiger Vortheil bei schlechtem Baugrunde —. Vielfach, besonders bei den grofsen Rynland-Schöpfwerken Hollands, finden sich über den Kesseln sehr grofse Dampfansammler, wodurch das Mitreifsen von Wasser nach dem Dampfcylindern vermieden wird.

Die älteren Kessel waren meist auf 3 bis 4 Atm., die neueren sind gewöhnlich auf 5 bis 6 und mehr Atm. Ueberdruck eingerichtet.

Bei gröfseren Anlagen werden aufser den für den regelmäfsigen Betrieb erforderlichen Dampfkesseln noch einer oder zwei Aushülfskessel verwendet. Bei kleinen Schöpfwerken genügt meist ein Kessel. Stehen mehrere Kessel neben einander, so ist dafür zu sorgen, dafs jeder für sich ausgebessert und zu diesem Behufe entfernt werden kann, ohne dafs der Betrieb der nebenliegenden Kessel eingestellt zu werden braucht.

Einen sehr wichtigen Punkt für den ordentlichen Betrieb von Dampfschöpfanlagen bildet noch eine ausreichende Wasserzuführung aus dem Entwässerungsfelde. Ueber die Nichterfüllung dieser Bedingung wird von den Wärtern vielfach berechtigte Klage geführt. Es empfiehlt sich nämlich meist, die Schöpfwerke so einzurichten, dafs für gewöhnlich täglich nicht mehr als 12 Stunden (im Fluthgebiet bei jeder Tide von 12,4 Stunden 6 Stunden lang) geschöpft wird. Dann bedarf man noch keiner Wechselwartung. Müssen aber durch mangelhaften Zuflufs aus dem Entwässerungsfelde wiederholte Stillstände des Schöpfwerks von einigen Stunden eintreten, so wird nicht nur, weil mit dem Heizen nicht eingehalten werden darf, der Kohlenverbrauch wesentlich vergröfsert, sondern es wird hierdurch auch die Betriebszeit so sehr verlängert, dafs einfache Wartung nicht mehr ausreicht. Bei Schöpfwerken im Fluthgebiete tritt dann noch der Uebelstand hinzu, dafs man auf den grofsen Vortheil, möglichst die Zeiten der täglichen niedrigen Aufsenwasserstände für den Schöpfbetrieb zu verwenden, verzichten mufs. Durch derartige Verhältnisse, welche die gesamte jährliche Leistung eines Schöpfwerks wesentlich herabdrücken, hat man z. B. bei dem sonst mustergültig hergestellten Schöpfwerk für den Neuenbrooker Schleusenverband bei Krempe in Holstein in den ersten Betriebsjahren sehr üble Erfahrungen gemacht.

Die schlimmste Folge einer mangelhaften Wasserzustellung ist aber der Umstand, dafs die tiefsten und meist (z. B. in den hannoverschen und holsteinschen Marschen) zugleich am weitesten von den Schöpfwerken ab belegenen Ländereien überhaupt nicht ordentlich entwässert werden können, während gerade für diese das Schöpfwerk von gröfster Bedeutung ist.

Da nun nachträgliche Verbesserungen der Binnenwasserzüge meist auf financielle Schwierigkeiten stofsen, nachdem die Kosten für das Schöpfwerk bereits aufgebracht worden sind, so empfiehlt es sich, solche Verbesserungen sogleich bei Anlage der Schöpfwerke mit vorzuehmen. Anderseits erscheint es aber auch angemessen, die Kosten dafür zunächst nicht zu hoch zu veranschlagen, damit die Geneigtheit zu einer möglichst ausgebreiteten Einführung von Dampfschöpfanlagen durch zu grofse **anfängliche** Aufwendungen nicht herabgemindert wird, und dies läfst sich dadurch leicht erreichen, dafs man unbeschadet des Entwässerungszwecks für das ganze Gebiet durch geringe künstliche Senkung des Unterwasserspiegels vor dem Maschinengebäude ein etwas gröfseres Gefälle erzeugt, als bisher in der betreffenden Niederung zur Verfügung stand. Der infolge einer geringen Vergröfserung der Förderhöhe für die Schöpfmaschine etwas vermehrte Kohlenverbrauch dürfte gegenüber den Ersparnissen an den Fleethgrabungen wenig ins Gewicht fallen, zumal wenn man bedenkt, dafs derselbe nur etwa in den ersten zehn Jahren nöthig ist, und dafs der alsdann durch die Melioration wirthschaftlich gekräftigte Abwässerungsverband besser in der Lage sein wird, durch Fleethverbreiterungen eine Gefällverminderung herbeizuführen, falls sich dies alsdann mit Rücksicht auf Kohlenersparnisse als wirthschaftlich herausstellen sollte.

Was schliefslich noch die Art und Weise betrifft, in welcher Entwürfe zu Dampfschöpfanlagen hergestellt und zur Ausführung gebracht zu werden pflegen, so erlangt man solche in Holland, wie es auch bei uns üblich ist, meist im Wege einer öffentlichen Verdingung. Doch besteht dort der bedeutsame Unterschied, dafs, während bei uns meist nur Vorschriften über die zu hebenden Wassermengen, die Förderhöhen, sowie den Baugrund und die nächste Umgebung des Maschinenhauses gemacht werden und dem bietenden Fabricanten die Wahl des Systems für das Schöpfwerk und die Gestaltung und Abmessung sämtlicher Betriebstheile vollständig überlassen bleibt, wenn nur bei Erfüllung der vorgeschriebenen Nutzleistung der festgesetzte Kohlenverbrauch nicht überschritten wird, in Holland nicht nur das System für Schöpf- und Dampfmaschine nebst Kessel, sondern auch die besondere Anordnung der einzelnen Theile und häufig (für den Kessel fast immer) deren Einzelabmessungen in den öffentlich ausgelegten Bedingungen vorgeschrieben werden. Dieses Verfahren wird dadurch ermöglicht, dafs die Leitung dieser Bauausführungen in den Händen von Technikern liegt, die meist Maschinen-Ingenieure sind oder durch langjährige praktische Erfahrung bei solchen Bauausführungen sich von den einschläglichen maschinellen Verhältnissen genügende Kenntnifs verschafft haben.

Während den grofsen Abwässerungsverbänden (Hoogheemradschappen) in ihrer Verwaltung meist eigene, fest angestellte sehr tüchtige Maschinen-Ingenieure für solche Zwecke zur Verfügung stehen, wenden sich die kleineren Verbände (Waterschappen) meist an aufserdienstliche Civil-Ingenieure, welche sich gewöhnlich die Leitung von Dampfschöpfbauten zu ihrem Sonderfach erwählt haben. Hieraus geht bereits hervor, dafs dort, wo der Staat, wie z. B. in den hannoverschen Marschen,

eine ins einzelne gehende Aufsicht über solche Bauten ausübt und dieselben sogar durch seine Baubeamten entwerfen und leiten läfst (was in Holland nirgends der Fall ist), ein ähnliches Verfahren wie in Holland nicht Platz greifen kann, da diesen Beamten eine so genaue Kenntnifs der Maschinentechnik gewöhnlich nicht zur Seite steht, dafs sie in ganz gleicher Weise wie die genannten holländischen Ingenieure verfahren könnten.

Trotzdem dürfte es sich empfehlen, das in Holland übliche Verfahren insoweit nachzuahmen, dafs man bei der Verdingung von Dampfschöpfwerken das den besonderen örtlichen Verhältnissen am besten angepafste System für Schöpfwerk und Maschine, vielleicht auch für den Kessel vorschreibt. Denn hierzu wird der Baubeamte, welcher die örtlichen Verhältnisse (insbesondere die hydrologischen) seines Baubezirks genau kennt, wenn er sich genügend mit Dampfschöpfanlagen beschäftigt hat, weit besser geeignet sein, als der bietende Fabricant während der kurzen Frist, welche ihm von der öffentlichen Ausschreibung bis zum Verdingungstage hierzu gelassen wird. Aufserdem mufs man bedenken, dafs es dem Fabricanten meist wenig daran gelegen sein wird, das den örtlichen Verhältnissen am besten angepafste System zu wählen, sondern dafs er vielmehr bestrebt sein wird, überall, mag es passen oder nicht, das als Sonderfach von ihm vertriebene System, für das er ein ausschliefsliches Recht erworben hat, dessen Herstellungsweise ihm geläufig ist, dessen Modelle er zuweilen geradezu wieder benutzen kann usw., auf den Markt zu bringen. Gelingt es ihm nun infolge solcher „besonderen" Vortheile, seine Preise so niedrig stellen zu können, dafs er bei Berücksichtigung aller sonstigen Verhältnisse, auch der vermuthlichen Unterhaltungskosten, Mindestfordernder wird, so ist damit noch garnicht gesagt, dafs sein Gebot wirklich das günstigste war. Zunächst ist der gewährleistete Kohlenverbrauch ein sehr unbestimmter Anhalt zur Berechnung des betreffenden Theils der Betriebskosten, da einige Fabricanten sicher gehen wollen und jenen Kohlenverbrauch deshalb höher stellen, andere aber mit dieser Angabe auf die unterste Grenze des voraussichtlich zu erwartenden heruntergehen. Sodann sprechen so vielfache, bei der vorstehenden kritischen Betrachtung der verschiedenen Schöpfwerksysteme erwähnte Umstände mit, dafs der bei der amtlichen Abnahme wenn auch noch so sorgfältig ermittelte Kohlenverbrauch (zumal hierbei durch Kesselreinigung, Verwendung besonderer theuerer Kohlensorten udgl. günstige, bei geordnetem Betriebe sich ganz anders gestaltende Verhältnisse künstlich geschaffen werden) nicht als alleiniger Mafsstab für den wirklich eintretenden Kohlenverbrauch dienen kann. Andererseits besteht aber, wenn die Wahl des Schöpfwerk-Systems vorher nicht bekannt gegeben wird, für die Fabricanten, deren Mitwirkung doch noch immer den Haupttheil der Arbeit beim Entwerfen des Schöpfwerks bildet, das höchst drückende Gefühl, dafs dieselben, nachdem sie einen sauberen Entwurf mit erheblichem Arbeitsaufwande unentgeltlich angefertigt haben, doch noch so wenig Aussicht auf Zuschlagsertheilung haben, da eben der bestdurchdachte Entwurf keine Aussicht auf Verwendung haben darf, wenn das System den örtlichen Verhältnissen nicht entspricht. Es ist deshalb auch sicher anzunehmen, dafs die Güte der eingehenden Entwürfe unter solchen Verhältnissen erheblich leiden wird und dafs dieser Weg überhaupt nicht dazu dienen kann, Fortschritte in der Entwicklung der verschiedenen Schöpfwerksysteme zu begünstigen.

Das weitere in Holland beobachtete Verfahren ist folgendes. Nachdem von den betreffenden Verbandsverwaltungen Bedingungen (Voorwoarden) und eingehende Beschreibungen (besteks) für den Betriebstheil der Schöpfwerke aufgestellt und durch Druck vervielfältigt worden sind, wird unter Bezugnahme hierauf meist zur öffentlichen Ausschreibung geschritten. Genannte Bedingungen nehmen im allgemeinen Bezug auf die gedruckten und im Buchhandel zu beziehenden „allgemeinen Vorschriften für Ausführung und Unterhaltung von Staatsbauten in Holland" und enthalten sodann aufser der genannten ausführlichen Beschreibung der Maschinenanlagen und den Vorschriften über Leistungsfähigkeit usw. folgende besonders bemerkenswerthe Punkte:

1. Bei Einreichung des Preisangebots ist eine Zusammenstellung der Hauptabmessungen der gesamten Dampf- und Fördermaschine und, wenn solches nicht bereits in dem „bestek" geschehen war, von dem Kessel, und aufserdem eine Handzeichnung mit Mafsen beizufügen, auf der eine Gesamtdarstellung der Anlage und der für das Maschinengebäude erforderlichen Hauptabmessungen gegeben ist.

Nach diesen Angaben können zunächst die Kosten für das Maschinengebäude überschläglich ermittelt werden, und auf Grund derselben sowie des für den Maschinentheil abgegebenen Preisangebots und bei Berücksichtigung der voraussichtlichen Unterhaltungs- und Betriebskosten wird alsdann der Mindestfordernde ermittelt und der Zuschlag für Lieferung der Maschineneinrichtung ertheilt. Vielfach wird gleichzeitig ein besonderer Entwurf für das Gebäude usw. von der betreffenden Polderverwaltung angefertigt und gleichfalls zur Ausführung verdungen.

2. Gewöhnlich einige Wochen nach der Zuschlagsertheilung (je nach der Gröfse der Anlage in kürzerer oder längerer Frist) mufs der betreffende Fabricant sodann eine vollständige Zeichnung der ganzen Maschinenanlage mit allen Einzelheiten entwerfen, zur Genehmigung vorlegen und den von der Verwaltung gewünschten Abänderungen gemäfs zur Ausführung bringen.

3. Dort wo die Arbeiten für die baulichen und die Maschinenanlagen in einandergreifen, wird der Gang der Arbeiten von der Bauverwaltung geleitet. Für die Aufstellung schwerer Maschinentheile hat die Polderverwaltung durch den Unternehmer für das Gebäude, welcher hierzu gegen entsprechende Vergütung verpflichtet wird, die erforderlichen Handarbeiter zu stellen. Häufig übernimmt sogar die Polderverwaltung auf ihre Gefahr die Beförderung dieser Theile von dem letzten Löschplatze nach dem Maschinengebäude, was jedoch nicht zu empfehlen ist.

4. Die Probezeit, welche gewöhnlich ein Jahr dauert oder noch besser durch eine entsprechende Anzahl von vollen Betriebstagen bezeichnet wird, beginnt, wenn das Schöpfwerk einige Wochen regelmäfsig gearbeitet hat. Während derselben hat der Fabricant alle sich ergebenden Mängel unentgeltlich abzustellen. Der Endabnahme gehen oft mehrere vorläufige, mit eingehenden Besichtigungen verbundene vorher.

5. Die Feststellung der vertragsmäfsigen Leistungsfähigkeit geschieht an einem passenden Zeitpunkte während der Probezeit. Stellt sich hierbei die Leistungsfähigkeit als nicht genügend heraus, so ist die Anlage entsprechend abzuändern. Ein gröfserer als der vertragsmäfsige Kohlenverbrauch hat einen Abzug an der Vertragssumme gleich dem baren Werthe der

dadurch dem Verbande jährlich erwachsenden Mehrkosten zur Folge.

6. Auch dann, wenn der Fabricant Anordnungen der Verwaltung nicht oder nicht rechtzeitig nachkommt, verfällt er in Geldbufsen.

7. Der Unternehmer hat seine Angebote durch zwei als genügend leistungsfähig bekannte Bürgen mit vollziehen zu lassen.

Aehnlich den vorstehend beschriebenen sind die Bedingungen für die Herstellung des Maschinengebäudes, welches zwar getrennt von dem Maschinentheil, aber immer einschliefslich Lieferung sämtlichen Baumaterials vergeben wird. Von besonderem Interesse noch dürften die genauen Vorschriften sein, welche über die Ausführung jeder der einzelnen Arbeiten und über die Prüfung der zu verwendenden Baumaterialien gegeben sind.

Schutz von Strompfeiler-Fundamenten gegen Unterspülung.

Die Frage, in welcher Weise man die Fundamente von Strompfeilern in Flüssen mit leicht beweglicher Sohle gegen Unterspülungen zu sichern hat, ist in mehrfacher Beziehung von grofser Bedeutung: zunächst für die Standsicherheit des Pfeilers selbst, dann bezüglich der Einwirkung auf die Gestaltung des Flufsbettes in der Umgebung der Pfeiler und schliefslich rücksichtlich der Kosten. Es ist auffallend, dafs trotz der grofsen Wichtigkeit dieses Zweiges der Gründungskunst, trotzdem diese Frage bei jedem Brückenbau von neuem wieder auftritt, trotzdem die Schiffahrt an der zweckmäfsigen, d. h. eine möglichst gute Gefällevertheilung bewirkenden Anordnung der Pfeilerfundamente einen lebhaften Antheil hat, trotzdem die Sicherung der Flufsbettsohle in der Nähe der vielen vorhandenen Pfeiler zu fortlaufenden erheblichen Ausgaben zwingt, die aufgeworfene Frage bisher mehr wie stiefmütterlich behandelt worden ist. Die deutsche Litteratur enthält m. W. fast nichts über den Gegenstand. Selbst ein G. Hagen ist, was sehr zu bedauern ist, in seinem Handbuche in keine Erörterung dieser Frage eingetreten. In dem Handbuche der Ingenieur-Wissenschaften, 1. Band, 2. Abthlg., 2. Aufl. 1884, S. 446 wird irrthümlicherweise gesagt — und das ist m. W., trotzdem dieser Ausspruch an solcher Stelle geradezu verhängnifsvoll wirken kann, bisher nicht widerlegt worden — „am meisten sind Unterspülungen und Auskolkungen an den Hinterköpfen der Brückenpfeiler zu befürchten und deshalb die Schutzmittel hier mit besonderer Sorgfalt auszuführen.“

L. Brennecke läfst in seinem vortrefflichen Werke über Grundbau die wichtige Frage, ob der Vor- oder Hinterkopf mehr zu sichern sei, gänzlich offen. Also in der deutschen Litteratur kann sich der Fachmann kaum eine Belehrung holen. Er folgt vielmehr dem durch eine lange Praxis geheiligten Gebrauche und umgiebt die Pfeilerkörper in ihrem ganzen Umfange mit einem Steinwurfe, der sogar häufig bis zum Niedrigwasserspiegel hinaufreicht.

In der französischen Litteratur haben die Annales des Ponts et Chaussées verschiedene Mittheilungen gebracht, welche einen Beitrag zur Klärung der aufgeworfenen Frage liefern. Die erstere, wichtigere findet sich im Jahrgange 1856, 2. Sem. S. 103 ff. und S. 405 ff. Dieselbe ist auch nicht der Aufmerksamkeit der deutschen Fachgenossen entgangen, wie die folgende kurze und treffende Besprechung im Jahrgange 1857 dieser Zeitschrift S. 238 beweist: „Die Ueberschwemmungen des Jahres 1856 in den Thälern der Loire, des Allier und des Cher haben den Einsturz mehrerer Brücken zur Folge gehabt. Bei der Untersuchung der einzelnen Umstände dieser Unfälle glaubt man der Beantwortung der Streitfrage näher gekommen zu sein: ob man in Flüssen mit leicht beweglichem Boden und plötzlichen Hochwassern die Fundamente der Bauwerke stromab mehr als stroman, oder umgekehrt, sicher stellen müsse? Im allgemeinen neigte man sich bisher in Frankreich der Ansicht zu, dafs vornehmlich die Unterwasserseite zu schützen sei. Bei jenen Unfällen zeigte sich aber durchweg, dafs zunächst die obere Seite gelitten hatte, zumeist dadurch, dafs die um die Spundwände, welche das Fundament aus Beton umschlossen, gepackten Steinmassen von der Gewalt des Stromes fortgerissen waren.“

Ich will noch hinzufügen, dafs bei den eingestürzten 7 Brücken die Auskolkungen sich oberhalb der Pfeiler gezeigt hatten. Insbesondere bei einer Brücke über den Arnon „setzte sich ein Pfeiler um fast 1,0 m, indem er sich unter der Einwirkung einer 1,52 m tiefen Auskolkung stromaufwärts neigte“.

Des ferneren hat Durand-Claye im Jahrgange 1873, 1. Sem. S. 467 ff. „Versuche über Auskolkungen“ veröffentlicht. Ehe ich auf eine kurze Beschreibung dieser Versuche selbst und deren Ergebnisse eingehe, glaube ich die einleitenden Bemerkungen Durand-Clayes hier im wörtlichen Auszuge um so mehr wiedergeben zu sollen, als sie auch auf meine eigenen Versuche angewendet werden können. Der ebengenannte Verfasser sagt:

„Die Frage nach den Auskolkungen, welche in einem fliefsenden Wasserlaufe durch eingesetzte Hindernisse und besonders durch Brückenpfeiler hervorgerufen werden, ist von einer endgültigen Lösung noch weit entfernt. Die Theorie setzt uns in den Stand, das Gefälle eines Wasserlaufes zu berechnen, wenn er in die zwischen zwei Brückenpfeilern vorhandene Enge eintritt. Aber sie giebt keinen Aufschlufs über die Vertheilung der Geschwindigkeiten in dem Querschnitt zwischen diesen beiden Pfeilern, über die am Hinter- oder Vorkopfe hervorgerufenen Wirbel, und doch sind es gerade diese Geschwindigkeiten und diese Wirbel, welche auf die Flufssohle und auf die Fundamentkörper einwirken, und welche allein für den Baumeister ein praktisches Interesse haben. Auch giebt die Theorie wohl einige Andeutungen über den Druck der beweglichen Flüssigkeit auf den festen Pfeilerkörper; aber sie giebt ebenso wie vor auch in dieser Hinsicht nur mittlere Ergebnisse, sie vernachlässigt die Einzelwirkungen, die Wirbel, die Einflüsse der

Kolkungen, welche so häufig, besonders bei Hochwasser, die Sicherheit der Werke gefährden, während der Einsturz der letzteren durch einfaches Fortreifsen und durch Druckwirkungen bei ihrer grofsen Masse gar nicht in Frage kommt. Die Erfahrung trägt ihrerseits nicht genügend scharfe Elemente zur Lösung des Problems bei. Ein jeder kann in grober Weise die Formen bemerken, welche das fliefsende Wasser anzunehmen bestrebt ist, sobald es auf eingesetzte Hindernisse stöfst: die Stromschnellen am Pfeileransatz, die Anschwellungen an den Vorköpfen, die Wirbel an den Hinterköpfen. Aber es ist sehr schwierig, zu klaren Ergebnissen zu gelangen bei Beobachtungen, welche oben von der Brücke aus angestellt werden, besonders wenn diese Beobachtungen sich auf Oberflächen beziehen, welche jeden Augenblick sich verändern und welche durch unaufhörlich sich bewegende Wirbel und Gegenströmungen gebildet werden. — Sobald in einen Flufs mit leicht beweglicher Sohle ein Hindernifs eingesetzt wird, erscheinen Auskolkungen und Wirbel. Hier sind scharfe Beobachtungen sehr schwierig. Allerdings zeigen sich im Grofsen Erfahrungen, welche ausschlaggebend sein sollten: dieses sind die Einstürze der Brücken bei Hochwasser. Aber man ist, wenn man die diesen Gegenstand verhandelnden Schriftsteller durcheilt, überrascht, nicht einmal in diesem Falle klare Schlufsfolgerungen zu finden. Stürzen die Brücken ein infolge von Unterspülungen oberhalb oder unterhalb? Minard hat 1856 eine sehr bemerkenswerthe Denkschrift veröffentlicht, in welcher er feststellt, dafs die Brücken stets einstürzen infolge von Unterspülungen oberhalb. Er führt 23 Beispiele an, von welchen die meisten sehr überzeugend sind. Diese Regel scheint jedoch von einer gewissen Anzahl von Baumeistern, deren Namen und Werke Minard mittheilt, entweder bestritten oder unbeachtet gelassen worden zu sein. Heute noch hört man dieselben Schutzmafsregeln für die Fundamente oberhalb wie unterhalb der Pfeiler vorschreiben. Der Einflufs der Pfeilerform wird kaum beachtet. — Es sei uns gestattet, einige bescheidene Thatsachen zu einer Frage beizutragen, in welcher das Unbekannte und Unsichere noch eine so grofse Rolle spielen. Ohne Zweifel ist es ein weiter Schritt von unseren nur einige Decimeter breiten Canälen und Pfeilern zu den in Wirklichkeit vorliegenden Verhältnissen. Wenn auch der in kleinem Mafsstabe ausgeführte Versuch und die Theorie häufig nur den Sinn und den allgemeinen Verlauf der Naturerscheinungen anzeigen können, so ist es doch dienlich, denselben zu lauschen und nicht zu vergessen, dafs die grofsen Gesetze der Natur dieselben sind, einerlei ob sie den Lauf der Flüsse lenken oder ob sie den Wasserfaden fliefsen lassen, welcher sich aus einem Versuchsgefäfs ergiefst."

Durand-Claye erbaute einen geradlinigen 74,5 cm breiten und 40 cm tiefen rechteckigen Versuchscanal aus Ziegelmauerwerk in Cementmörtel. Die zu seinen Versuchen verwendeten Pfeiler waren Betonkörper von 12 cm Höhe mit einer seitlichen Neigung von 1 : 6. Ihre unteren Breiten betrugen 28,0 bezw. 31,5 cm, ihre Längen 81,0, 32,0 und 88,9 cm. Auf der ebenen gemauerten Canalsohle wurde ein Bett gesiebten Sandes gleichmäfsig in 4 cm Stärke ausgebreitet. Nachdem in dieses Sandbett ein Versuchskörper bis zur festen Gerinnsohle eingebaut war, wurden mittels einer Dampfpumpe rund 4 sl Wasser zugeführt. Bei allen Versuchen betrug übereinstimmend die Tiefe der Wasserschicht 6,9 cm und die mittlere Stromgeschwindigkeit 27,2 cm. Unter der Einwirkung des fliefsenden Wassers veränderte sich das Sandbett sehr schnell in der Nähe der Pfeiler. Daselbst wurden vollkommen regelmäfsige Auskolkungen hervorgerufen, welche, die ganze Sandschicht durchdringend, den Ziegelboden des Canals freilegten. In diesem Augenblick führte man entweder einen Beharrungszustand herbei, indem man etwa 50 m oberhalb in den Canal Sand stürzte, oder man überliefs das Canalbett sich selbst. Alsdann vergröfserten sich die Kolke, indem gleichzeitig die Dicke des nicht ausgekolkten Sandbettes sich verminderte. Die blofsgelegte Fläche der Sohle vergröfserte sich beständig, wenn man mit der Speisung fortfuhr ohne frischen Sand hinzuzuschütten. Um die Form der Auskolkungen in einem bestimmten Zeitpunkte zu erhalten, stellte man die Wasserzuführung ein. Man liefs das Bett 12 Stunden lang sich abtropfen und zeichnete dann an Ort und Stelle mit Hülfe eines sorgsam lothrecht eingeführten dünnen Kartenblattes die Umrisse der Auskolkung an dem Pfeiler nach. Die Ergebnisse der Durand-Clayeschen Versuche sind kurz folgende.

1) Die Form ist die am wenigsten empfehlenswerthe: bedeutende Auskolkung oberhalb und zusammenhängende seitliche Kolke.

2) Bei der (a, 60°, b) Form ist die Kolkung in der Pfeilerachse oberhalb erheblich geringer als bei 1), indem durch die Spitze der Strom getheilt wird; aber bei *a* und *b* machen sich die Folgen der plötzlichen Richtungsänderung in einer grofsen Breite der Auskolkung bemerkbar.

3) Bei halbkreisförmigen Pfeilerköpfen sind die seitlichen Kolke an den Vorkopf-Ansätzen geringer als bei 2), während in der Achse oberhalb die Kolkung stärker ist als bei 2).

4) Stromabwärts zeigte sich bei allen Formen eine Anlandung in der Pfeilerachse. —

Das Vorhandensein des von mir zunächst zu anderen Zwecken im „hydraulischen Observatorium" der hiesigen technischen Hochschule erbauten Versuchsgerinnes*) gab mir Veranlassung die Durand-Clayeschen Versuche, aber in anderer Weise, fortzusetzen. Gegen die letzteren lassen sich verschiedene Einwendungen erheben. Zunächst hängt die Art und Form der Auskolkung unter sonst gleichen äufseren Umständen in erster Linie ab von der Form des mit der Flufssohle in unmittelbarer Berührung befindlichen Fundamentkörpers. Es schien mir daher richtiger, da den thatsächlichen Verhältnissen bei ausgeführten Bauwerken mehr entsprechend, die Pfeilerkörper durch lothrechte Wände seitlich zu begrenzen. Jedenfalls bilden die Fundamentkörper mit nicht lothrechten Seitenwänden sehr seltene Ausnahmen. Dann aber sind die Fundamentkörper in der Regel geradlinig begrenzt. Das trifft zu für die weitaus überwiegende Anzahl der durch Holzwände eingeschlossenen Fundamente. Daneben durften freilich auch die bei der Prefs-

*) Vergl. Civ. Ingen. 1893, S. 563 und Centralblatt der Bauv. 1894, S. 83.

luftgründung usw. zur Verwendung gelangenden i. A. durch Cylinderflächen und Ebenen seitlich begrenzten, den eisernen Senkkästen entsprechenden Grundrifsformen nicht aufser Acht gelassen werden. Endlich sind auch die den Brunnenkörpern entsprechenden, im Querschnitte kreisrunden Formen untersucht worden.

Vor allem aber wurde angestrebt — und auch bei den meisten Versuchen erreicht — behufs besserer Uebereinstimmung mit den in der Wirklichkeit sich abspielenden Vorgängen, die Auskolkungen nicht bis zur festen Gerinnsohle sich bilden zu lassen, sodafs unter den tiefsten Stellen der Kolke noch eine Sandschicht verblieb. Leider war ich gezwungen, meine Versuche in wesentlich kleinerem Mafsstabe als Durand-Claye anzustellen: die Ergebnisse haben jedoch gezeigt, dafs sich die kennzeichnenden Erscheinungen in genau derselben Schärfe einstellten wie bei Durand-Clayes Versuchen, nebenbei ein für die Zulässigkeit und Zuverlässigkeit solcher Modellversuche im kleinen sprechender Umstand. Während bei Durand-Claye die Pfeilerbreite fast die halbe Gerinnbreite betrug, habe ich dieses Verhältnifs — ebenfalls behufs gröfserer Annäherung an die Wirklichkeit — auf rund ein Siebentel herabgesetzt, d. h. bei 40 cm Gerinnbreite betrug die Pfeilerbreite 6 cm.

Zur Erläuterung der Abbildungen 24 a und 24 b auf Blatt 53 diene folgendes. Das rechteckig begrenzte 40 cm breite und 10 cm hohe, aus Zinkblech hergestellte Versuchsgerinne ruht auf einem genügend starken und etwa tischhohen hölzernen Träger fest auf. Der letztere, und damit das Gerinne, kann eine beliebige Längsneigung erhalten. Das Zinkblech ist auf seinem ganzen inneren Umfange mit Theer gestrichen und mit Sand beworfen, sodafs die Wandungen eine sandähnliche Rauhigkeit besitzen.

In dieses Gerinne wurde eine 7 cm hohe Schicht durchaus gleichmäfsigen, durch Sieben von Elbsand erhaltenen Normalsandes eingebracht. In das Sandbett wurde der zu untersuchende Pfeilerkörper an der bezeichneten Stelle so eingesetzt, dafs er auf der festen Gerinnsohle aufruhte. Nach sehr sorgfältiger Einebnung des Sandes ragten die 10 cm hohen Pfeilerkörper um genau 3 cm aus der Sandbettung hervor.

Nunmehr wurde in das Gerinne durch ein lothrecht aufsteigendes und in eine oben bedeckte Vorkammer K einmündendes Rohr r (Abb. 24 a) mittels Oeffnen eines Schieberventils das in einem unter der Decke des Arbeitsraumes befindlichen eisernen Behälter aufgesammelte bezw. diesen durchfliefsende Wasser der städtischen Wasserleitung in das Gerinne eingelassen. Die Wasserzuführung ist derart geregelt, dafs das Wasser unmittelbar nach Verlassen der Vorkammer durchaus ruhig in das Gerinne eintritt. Bei allen Versuchen betrug übereinstimmend die secundliche Wassermenge 2,5 l und die Stärke der Wasserschicht 1,4 cm. Daraus ermittelt sich die mittlere Geschwindigkeit, da $v=\frac{Q}{F}$ und $F=0{,}4\cdot 0{,}014$ $=0{,}0056$ qm, zu $v=\frac{0{,}0025}{0{,}0056}=0{,}446$ m.

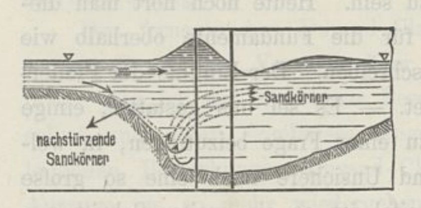
Das abfliefsende Wasser wurde in einem Aichgefäfs a genau gemessen. Der mitgerissene Sand wurde in einem nach Art einer Fischtreppe ausgebildeten Sandfang s aufgefangen (Abb. 24 a).

Ich hatte zuerst den Versuch gemacht, die Pfeiler nicht bis zu dem festen Gerinnboden hinabzuführen, sodafs zwischen Pfeilersohle und Gerinneboden noch eine Sandschicht verblieb. Aber gleich bei den ersten Versuchen kippten die so eingebetteten, d. h. gewissermafsen nicht genügend tief gegründeten Pfeilerkörper, da infolge der tief gehenden Auskolkung oberhalb der Pfeiler der stromaufwärts liegende Theil der Pfeilersohle unterspült wurde, nach stromaufwärts um: genau so, wie bei dem obenerwähnten Einsturze der Brücke über den Arnon beobachtet worden war.

Meine Absicht war, durch Versuche festzustellen, einmal in welcher Weise die Unterspülung von Pfeilerfundamenten vor sich geht, dann den Einflufs der Pfeilerform auf die Kolkungen zu untersuchen und schliefslich zu erforschen, an welchen Stellen und in welchem Umfange man behufs Verhinderung der Unterspülungen den Steinwurf anzubringen hat.

Die hölzernen, durch eingegossenes Blei gegen Auftrieb gesicherten Pfeilerkörper hatten sämtlich die schon erwähnten gleichen Breiten- und Höhenabmessungen (6 cm bezw. 10 cm). Die als besondere Stücke angefertigten Köpfe konnten nach Belieben mit den den Mittelkörper bildenden Parallelopipeden zusammengesetzt werden. Die Aufsenflächen waren in frisch gestrichenem Zustande mit Sand beworfen und hatten dadurch eine schmirgelpapierartige Rauhigkeit erhalten.

Die unter dem Einflusse des strömenden Wassers vor sich gehenden Kolkbildungen an den Pfeilern zeigten sich in anschaulichster Weise: die Spiegelerhebung an den Vorköpfen, das durch dieselbe hervorgerufene Abfliessen nach beiden Seiten, die das Arbeitsvermögen des gegen die Pfeiler anstofsenden Wassers verzehrenden Wirbel mit wagerechter Achse. Diese letzteren unterwühlten unaufhörlich den Fufs der Kolkböschungen, die losgerissenen Sandkörner wurden gleich einer Rauch- oder Staubsäule fortgetragen und kamen erst unterhalb und zwar zu beiden Seiten des sich an den Hinterkopf anschliefsenden Sandrückens zur Ablagerung.



Die stromaufwärts gelegenen Böschungen bildeten sich unaufhörlich aufs neue durch die von oben hinzukommenden — rollenden und gleitenden Sandkörner. Erst wenn der Kolk eine gewisse Ausdehnung angenommen hatte, sodafs die Wirbel sich im Wasser frei entwickeln konnten, was bereits nach wenigen Minuten der Fall war, wurde die Sandfortführung geringer, so das Herannahen des Beharrungszustandes anzeigend. Unmittelbar unterhalb der Pfeiler, und zwar in der Verlängerung der Pfeilerachse, trat eine merkliche Veränderung des Bettes nicht ein. Die Verfolgung des Weges, den die Sandkörner nahmen und die Feststellung des Ortes ihrer Ablagerung hatte ich dadurch erleichtert, dafs ich oberhalb gefärbten Sand eingebracht hatte, welcher sich deutlich von dem ungefärbten abhob.

Um den Einflufs der Pfeilerform auf die Bildung der Auskolkung rein zu erhalten, mufsten sämtliche Versuche unter genau denselben äufseren Umständen ausgeführt werden. So wurden bei allen Versuchen die Pfeilerkörper an genau denselben Ort des Gerinnes und in genau derselben — bereits beschriebenen — Weise eingebaut, bei allen Versuchen

waren die Wassermenge, die Wassergeschwindigkeit und die Höhe der Sandschicht beim Einlassen des Wassers sowie die Dauer des Durchflusses genau dieselben. Letztere wurde auf 15 Minuten festgesetzt, nachdem verschiedene Vorversuche ergeben hatten, dafs bei noch länger andauerndem Durchflufs eine nennenswerthe Aenderung der Auskolkungen nicht stattfand. Geben somit die erhaltenen Ergebnisse auch nicht den Beharrungszustand wieder, so sind sie doch, da sie alle den Zustand nach gleich langer Einwirkung darstellen, unter sich vergleichbar.

Nachdem der Durchflufs 15 Minuten gedauert hatte, liefs ich den Wasserzuflufs durch Schliefsen des Schiebers abstellen und nahm alsdann mit Hülfe von aus Celluloid bestehenden und daher gegen Wasser unempfindlichen Kartenblättern genau so wie Durand Claye die Umrisse der Sandablagerung auf. Die Verwendung von Celluloid an Stelle von Papier hatte den Vortheil, dafs ich unmittelbar nach Abstellung des Wasserzuflusses die Aufnahmen bewirken konnte. Die senkrecht zum Pfeiler bezw. strahlenförmig von diesem auslaufenden Querprofile wurden zunächst zur Darstellung von Schichtenplänen in natürlicher Gröfse verwendet, indem die Schichtenlinien von $^1/_2$ zu $^1/_2$ cm Abstand aufgetragen wurden. Diese Schichtenpläne wurden mittels eines sehr genau arbeitenden Storchschnabels auf den Mafsstab 1 : 5 verkleinert. Aus diesen auf Bl. 52 und 53 dargestellten Grundrissen haben sich dann die jedesmal darüber gezeichneten Aufrisse ergeben. Zu letzteren ist zu bemerken, dafs sie ober- und unterhalb den Längenschnitt in der Pfeilerachse und den Umrifs der Sandablagerung dicht längs der rechten Pfeilerseite darstellen.

Schon eine flüchtige Betrachtung der mitgetheilten Schichtenpläne läfst erkennen, dafs bei der Mehrzahl der Versuche die Auswaschung an der linken Pfeilerseite stärker ist als an der rechten. Dieses ist auf den Einflufs der Grundrifsform des Versuchsgerinnes zurückzuführen: wie aus Abb. 24a ersichtlich ist, geht kurz unterhalb der Pfeilerstelle das geradlinige Ufer links in eine Einbuchtung über, wodurch die Strömung vorzugsweise auf dieses linke Ufer geleitet wird.

Für die Betrachtung der Versuchsergebnisse und die Feststellung einiger Schlufsfolgerungen erscheint es zweckmässig, die untersuchten Pfeilerformen in folgende Gruppen einzutheilen.

1. Parallelopipedische Körper (Abb. 1 bis 5).
2. Geradlinig begrenzte Körper.
   a) Nur mit Vorkopf (Abb. 6 bis 9).
   b) Mit Vor- und Hinterkopf (Abb. 10 bis 13).
3. Körper mit theilweise oder ganz abgerundeten Köpfen.
   a) Nur mit Vorkopf (Abb. 14 bis 17).
   b) Mit Vor- und Hinterkopf (Abb. 18 bis 21).
4. Cylindrische Körper (Abb. 22 bis 23).

Schlufsfolgerungen.

Zu 1. Mit zunehmender Pfeilerlänge nimmt die Auswaschung an der Hinterseite ab.

Auskolkung an der Vorderseite am tiefsten.

Seitliche tiefste Rinnen nicht dicht am Pfeiler und stromab sich vom Pfeiler scharf entfernend.

Zu 2. Auskolkung stromaufwärts mit der Zunahme der Schärfe der Vorkopfspitze sehr abnehmend.

Das Vorhandensein eines Hinterkopfes ist ohne günstigen Einflufs auf die Sohlengestaltung unterhalb.

Tiefste Kolkung dort, wo die Vorköpfe in die Pfeilerlängsseiten übergehen.

Seitliche Rinnen sich mehr an die Pfeiler anschliefsend als beim Fehlen des Vorkopfes.

Zu 3. Die Abrundung der Vorköpfe ist im Vergleich mit den dreieckigen Vorköpfen ohne wesentlichen Einflufs auf die Tiefe der Auswaschung oberhalb. Sie vermindert aber gegenüber diesen die seitliche Ausdehnung der Kolke, indem die Seitenrinnen sich mehr dem Pfeiler anschliefsen als bei 2). — Das Vorhandensein eines Hinterkopfes ist ohne günstigen Einflufs auf die Sohlengestaltung unterhalb.

Zu 4. Bei einem brunnenartigen Fundamentkörper erstreckt sich die Auskolkung rings um den Brunnen: erst in gröfserer Entfernung unterhalb verbleibt die Sohle in ihrer alten Höhenlage.

Bei zwei Brunnen bildet der stromaufwärts stehende einen wesentlichen Schutz des stromabwärts stehenden gegen Unterspülung.

Vor allem aber zeigen sämtliche Versuche aufs überzeugendste — und das ist das wichtigste und zugleich unbestreitbarste Ergebnifs — dafs die Gefahr der Unterspülung bei Brückenpfeilern stets an den Vorköpfen erheblich gröfser ist als an den Hinterköpfen.

Dieses Ergebnifs der Versuche führte mich zu der letzten Versuchsreihe: die Pfeilerkörper so einzubauen, dafs sie gegen Unterspülung gesichert waren. Die hierzu erforderliche Steinschüttung wurde aus Kieseln von etwa 6 mm Durchmesser gebildet. Nachdem der Pfeilerkörper auf die Gerinnesohle aufgesetzt war, wurde das Sandbett in der alten Höhe eingeebnet. Dabei liefs ich jedoch dasselbe unmittelbar an den Hinterkopf herantreten, während ich längs der übrigen Pfeilerbegrenzung einen den Auswaschungsergebnissen entsprechenden Hohlraum beliefs, der bis zur Oberfläche der Sandschüttung, aber nicht darüber hinaus, mit vollkommen wagerecht abgeglichenem Kies ausgefüllt wurde (vgl. Abb. 25 bis 27, Bl. 53).

Diese Versuche haben sämtlich sehr überzeugend nachgewiesen, dafs die angedeutete Ausdehnung des Steinwurfs den Pfeiler vollkommen vor Unterspülungen schützt.

Im einzelnen wurde folgendes festgestellt:

Bei den dreieckigen Vorköpfen fand der gröfste Angriff auf den Steinwurf an den Stellen *aa* statt (Abb. 25a, Bl. 53). Bei *bb* bildeten sich die tiefsten Rinnen. Sobald der Steinwurf erhöht wurde, nahmen diese Rinnen an Tiefe zu, was ein Nachstürzen des Steinwurfs auf den Längsseiten zur Folge hatte. Letztere Erscheinung zeigte sich bei allen Pfeilerkörpern.

Bei den runden Vorköpfen zeigte sich der stärkste Angriff auf den Steinwurf unmittelbar vor denselben in der Linie *aa* (Abb. 26, Bl. 53). Bei *bb* war der Angriff auf den Steinwurf beim halbkreisförmigen Vorkopfe geringer als beim elliptischen (kleine Achse mit der Pfeilerachse zusammenfallend).

Der stärkste Angriff auf den Steinwurf fand bei den parallelopipedischen Körpern statt und zwar besonders

an der vorderen Kante *aa* (Abb. 27, Bl. 53). Bei ihnen war auch der Schutz der Seitenwände in gröfserem Umfange nothwendig, als bei den Körpern mit Vorkopf.

Somit kann ich die Gesamtergebnisse meiner Versuche in folgendem zusammenfassen:

1. Die Nothwendigkeit, den Hinterkopf der Pfeiler durch Steinwurf gegen Unterspülung zu schützen, nimmt unter sonst gleichen äufseren Umständen in etwa demselben Mafse ab, als das Verhältnifs der Pfeilerlänge zur Pfeilerbreite zunimmt.

2. Bei dreieckigen Vorköpfen ist besonders der Uebergang aus dem Vorkopf in die Pfeilerlängsseiten durch Steinwurf zu schützen: es sind daselbst die schwersten Steine auszuwerfen.

Die Zuschärfung der Vorkopfspitze hat einen wesentlichen Einflufs auf die Verminderung der Auskolkung.

3. Bei runden Vorköpfen ist besonders der stromaufwärts gelegene Theil des Vorkopfes zu schützen.

4. Die Form des Hinterkopfes hat auf die Gestaltung der Auswaschung keinen Einflufs von praktischer Bedeutung.

5. Der Steinwurf ist nicht über die Flufsbettsohle hinaus zu erhöhen, dafür aber bis in gehörige Tiefe, wenn nöthig unter vorhergehender Ausbaggerung, hinabzuführen.

Ich glaube, dafs man bei Beachtung dieser Grundsätze mit einem Mindestaufwand an Anlage- und Unterhaltungskosten die Standsicherheit des Pfeilers herbeiführen und gleichzeitig den durch die Pfeiler bewirkten Aufstau nicht unnöthig vermehren wird, damit aber zugleich der Schiffahrt einen wesentlichen Dienst erweist. Sollten sich die angedeuteten Mafsnahmen wegen zu starken Aufstaues und zu grofser Beweglichkeit der Flufssohle als nicht ausreichend erweisen, dann dürften sie zu ergänzen sein durch das Einbauen von Grundschwellen, welche, die unterhalb der Pfeiler anstehenden Sohlenrücken miteinander verbindend, die zwischen den Pfeilern befindlichen Auswaschungsrinnen der Quere nach abschneiden. Sie werden alsdann durch die nach stromaufwärts wirkende Spiegelerhebung den oberen Aufstau und damit nicht nur den Angriff auf die Flufssohle in der Nähe der Pfeiler vermindern, sondern auch gleichzeitig das Durchfahren der Brückenöffnungen erleichtern.

Zum Schlusse mögen noch die nachfolgenden Mittheilungen über thatsächlich erfolgte und beobachtete bezw. gemessene Pfeilerunterspülungen, welche sämtlich in Uebereinstimmung mit meinen Versuchen aufs überzeugendste beweisen, dafs der Vorkopf gefährdeter ist als der Hinterkopf, Platz finden.

1. Die Muldenbrücke bei Doebeln.[1])

Der auf Pfahlrost gegründete Strommittelpfeiler der genannten Brücke wurde bei einer Hochfluth in der Weise unterwaschen, wie es Abb. 24, Bl. 53 erkennen läfst: d. h. die Auskolkung war, namentlich an der linken Pfeilerseite, am Vorkopfe erheblich tiefer als am Hinterkopfe. Die Spundwand war zum gröfsten Theile verschwunden, nur längs der linken Hälfte des Hinterkopfes stand ungefahr der vierte Theil derselben. Daselbst war auch die einzige Stelle, wo noch ein Theil der Untermauerung und des darunter befindlichen Kieses übrig geblieben war. Die Pfähle zeigten zwar ihre ursprüngliche lothrechte Stellung, waren jedoch stromaufwärts ganz unzweifelhaft unter der Pfeilerlast tiefer in den Boden eingedrückt worden, namentlich war dieses auffallend am Vorkopfe. Unmittelbar nach dem Unfalle betrug die Pfeilersenkung am Vorkopfe 11,1 cm, am Hinterkopfe dahingegen nur 3,54 cm. Während der sehr schwierigen Ausbesserungsarbeiten erhöhten sich diese Senkungen auf 18,8 bezw. 5,15 cm.

1) H. G. Rachel, der Reperaturbau der Muldenbrücke bei Doebeln. Mittheilungen des sächsischen Ingenieur-Vereins, 1. Heft. S. 99 ff. Dresden 1858.

2. Die Jeetzelbrücke bei Hitzacker.[2])

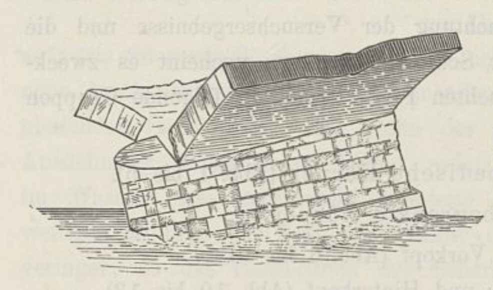
Der nach Hitzacker zu belegenen Mittelpfeiler (auf zwei an den beiden kurzen Seiten halbkreisförmig geschlossenen Brunnen gegründet) wurde bei einer Hochfluth unterspült und senkte sich. „Durch Augenzeugen ist festgestellt, wie die Senkung in der Weise erfolgte, dafs zunächst der stromaufwärts gelegene Brunnen nachgab und sodann der stromab gelegene Brunnen nachfolgte.“

3. Der Einsturz der Karlsbrücke in Prag.[3])

„Die Auskolkung geschah an den flufsaufwärts befindlichen Pfeilervorköpfen, denn, wie jetzt mit dem Fallen des Wassers deutlich zu sehen ist, sind beide Pfeiler daselbst in das Flufsbett eingesunken.“

4. Der Einsturz der Eisenbahnbrücke über den piccolo Reno bei Bologna.[4])

Der Reno ist ein unmittelbar von den Apenninen kommendes Gewässer, welches, für gewöhnlich von sehr geringem Wassergehalt, zu Hochwasserzeiten ein sehr beträchtliches Gebiet überschwemmt. Die Eisenbahn überschreitet kurz vor Bologna dieses Ueberschwemmungsgebiet mittels einer mehrere hundert Meter langen gewölbten Brücke, von welcher durch das Hochwasser des Jahres 1893 ein Pfeiler vollständig, die beiden angrenzenden theilweise eingestürzt und infolgedessen die beiden diese Pfeiler verbindenden Bogen zusammengebrochen sind. Aus der Lage des in seinem Mauerwerk ganz unversehrt gebliebenen Pfeilers — von der stromaufwärts gelegenen Nothbrücke aus gesehen — vgl. beistehende Handzeichnung — geht unzweifelhaft hervor, dafs ein Unterwaschen des Pfeilers an dem oberen stromauf gerichteten Pfeilerkopf entstanden ist, welches die unmittelbare Ursache zum Neigen des Pfeilers gegen die Stromrichtung geworden ist.



Dresden, im April 1894. Engels.

2) Boettcher: Zerstörung und Wiederherstellung der Jeetzelbrücke in der Bahnlinie Wittenberge-Lüneburg. Z. f. Bauw. 1889. S. 288.

3) Melan: Der Einsturz der Karlsbrücke in Prag. Wochenschrift des österr. Ingenieur- u. Arch.-Vereins. 1890. S. 321.

4) Aus einer Zuschrift des Herrn Finanzraths Freiherrn v. Oer an den Verfasser.

Nordamericanisches Eisenbahnwesen.

Im Januar und März d. J. traten die deutschen Eisenbahntechniker, welche im verflossenen Jahre die Weltausstellung in Chicago im Auftrage ihrer Regierung besucht haben, im Reichs-Eisenbahn-Amte in Berlin auf Einladung des Präsidenten dieses Amtes zu einer Besprechung ihrer Wahrnehmungen auf dem Gebiete des nordamericanischen Eisenbahnwesens zusammen. Anwesend waren:

1. Von Seiten des Reichs-Eisenbahn-Amtes: der Präsident Dr. Schulz sowie die vortragenden Räthe: Geheimer Ober-Regierungsrath Streckert und Geheimer Regierungsrath von Misani.

2. Von Seiten der Königlich preufsischen Regierung: Geheimer Baurath Dr. Zimmermann, vortragender Rath im Ministerium der öffentlichen Arbeiten, Geheimer Baurath Lochner in Erfurt, Eisenbahn-Director Oestreich in Köln, Eisenbahn-Director Müller in Berlin, Regierungs- und Baurath Bode in Magdeburg, Regierungs- und Baurath Thelen in Hannover (nur am 23. und 24. Januar).

3. Von Seiten der Königlich bayerischen Regierung: Regierungs-Director Ebermayer, Abtheilungs-Ingenieur Ehrne von Melchthal, Abtheilungs-Maschineningenieur Zehnder.

4. Von Seiten der Königlich sächsischen Regierung: Geheimer Rath Köpcke (nur am 6. März), Baurath Professor Dr. Ulbricht, Baurath Buschmann.

5. Von Seiten der Königlich württembergischen Regierung: Ober-Baurath Klose.

6. Von Seiten der Grofsherzoglich badischen Regierung: Bahnbauinspector Stolz, Maschineningenieur Stahl.

7. Von Seiten der Grofsherzoglich mecklenburg-schwerinschen Regierung: Geheimer Baurath Piernay.

8. Von Seiten der Militärverwaltung: Major Dittlinger vom grofsen Generalstabe, Major Gerding vom Eisenbahn-Regiment No. 1.

Die Verhandlungsschrift über die am 23., 24. Januar u. 6. März 1894 stattgehabten Besprechungen lautet in ihrem sachlichen Theile wie folgt:

I. Erdarbeiten.

Nach den Wahrnehmungen der Commissare macht sich, wie in zahlreichen anderen Zweigen der Technik, so auch auf dem Gebiete des Erdbaues das Bestreben geltend, die theuere Menschenkraft durch Maschinenarbeit zu ersetzen.

Trockenbagger werden in ausgedehntem Mafse selbst bei weniger umfangreichen Arbeiten benutzt. Insbesondere wird eines Stielbaggers gedacht, der zur Aushebung und Erweiterung von Einschnitten verwendet wird. Der Bagger ist mit einer Dampfmaschine auf einem Plattformwagen aufgebracht und arbeitet von einem Gleis aus, das mit dem Fortschreiten des Einschnittes verlängert und gewöhnlich rückwärts wieder abgebrochen wird. Das von dem Stielbagger gelöste Material wird von einem Zuge abgeführt, dessen Wagen direct vom Schöpfer des Baggers geladen werden. Zur Entladung des Materialzuges wird eine Art Pflug verwendet, der schlittenartig von der losgekuppelten Maschine des Materialzuges mittels eines Seiles über die Plattformwagen gezogen wird und im Vorwärtsschreiten das Material je nach der Bauart des Pfluges entweder nach beiden Seiten oder nur nach einer Seite abwirft. Für dieses Abladeverfahren würden sich allerdings unsere kürzeren Wagen nicht in gleichem Mafse wie die langen americanischen Wagen eignen.

Die Benutzung des schon beim Gold- und Diamantabbau angewendeten Verfahrens, Erdmaterial durch Wasser zu lösen und zu fördern, auch für die Zwecke des Eisenbahnbaues war den deutschen Ingenieuren neu. Es handelt sich hierbei um die Benutzung von höher liegendem Gelände für Füllzwecke. Mittels natürlichen oder auf maschinelle Weise erzeugten hohen Druckes wird ein durch eine Röhrenleitung und schliefslich durch ein konisches Strahlrohr ausfliefsender Wasserstrahl gegen das Erdreich gerichtet, der die Masse löst und mit sich fortnimmt. Ist das Material von härterem oder gar felsigem Gefüge, so wird das Gelände durch Unterminiren mittels des Wasserstrahles zum Einstürzen gebracht. Das eingestürzte Material wird theils durch Hand von einigen wenigen Arbeitern, theils wiederum mit Hülfe des Wasserstrahles zerkleinert und hölzernen Gerinnen zugeführt, die in starkem Gefälle das Gemenge von Wasser und Erdmaterial zur Verwendungsstelle leiten. Die angeschwemmte Masse wird in den Aufträgen durch Steinwürfe oder Begrenzungsbauten aus Faschinen oder beschwertem Stroh zurückgehalten. Durch dieses Verfahren werden sehr solide Aufträge erzielt. Grofse Massen können durch eine ganz geringe Arbeiterzahl bewegt werden. Die Kosten sollen bei umfangreichen Arbeiten unter besonders günstigen Verhältnissen nur 12 bis 15 Pf., unter mittleren Verhältnissen etwa 25 bis 30 Pf. für 1 cbm betragen. Das Verfahren wird auch zuweilen angewendet, um die „Trestleworks“, wenn sei einer Erneuerung bedürfen, anstatt wieder durch Holzbau durch Dämme zu ersetzen.

II. Eisenconstructionen.

Auf dem Gebiete der Eisenconstruction drängte sich die Wahrnehmung auf, dafs die Fachwerksknotenpunkte nicht mehr ausschliefslich als Gelenkbolzen ausgebildet werden. Dach- und Hallenanlagen, aber auch schon Brückenträger werden, anscheinend unter dem Einflusse deutscher Ingenieure, mehr und mehr genietet. Nur bei den Hauptträgern der mittleren und gröfseren Brücken hat sich das Gelenk die frühere unbeschränkte Herrschaft zu erhalten gewufst. Immerhin macht sich das Bestreben bemerklich, sich auch bei den Fachwerksträgern der europäischen Bauweise zu nähern.

Von besonderem Interesse war die Mittheilung, dafs sich wiederholt an ausgewechselten Gelenkbolzen keine Spur von Abnutzung gezeigt habe, dafs also anscheinend keine Bewegung um die Bolzen stattfinde. Es ist hieraus zu schliefsen, dafs die Gelenke den Zweck, die Nebenspannungen, wie sie bei starren Knotenpunkten auftreten müssen, zu beseitigen, nicht erfüllen. Als besonderer Vortheil der Gelenkconstructionen ist allerdings anzuerkennen, dafs sie leichter und rascher aufgestellt werden können, was in einzelnen Fällen auch bei unseren Verhältnissen von Werth sein kann. Der Vortheil ist aber nicht so erheblich, dafs er Veranlassung geben könnte, allgemein die bei uns übliche bewährte Vernietung der Knotenpunkte zu verlassen.

III. Oberbau.

Nach den übereinstimmenden, in verschiedenen Gegenden gemachten Beobachtungen liegt der Oberbau meist weniger gut als in Deutschland, wo seiner Unterhaltung weitgehende Sorgfalt gewidmet wird. Der Grund ist zum Theil in der Höhe der Arbeitslöhne zu suchen, die dazu führt, die Stopfarbeiten thunlichst einzuschränken, zum Theil in der Schwierigkeit, gutes Bettungsmaterial zu angemessenen Preisen zu beschaffen. Nur auf wenigen östlichen Linien findet sich ein nach deutschen Begriffen genügendes Schotterbett aus Steinschlag oder Kies; im allgemeinen besteht es aus minderwerthigem Material, vielfach nur aus Prärieerde, die bei trockener Witterung in Staubwolken aufwirbelt. Hin und wieder wird ein brauchbares Bettungsmaterial aus Lehm gewonnen, der im Wechsel mit Kohle aufgeschichtet und gebrannt wird. Das Verfahren ist selbstverständlich nur anwendbar, wo billige Kohle zu Gebote steht, und wird für uns nicht in Betracht kommen.

Den Mängeln der Bettung begegnet der Americaner durch die Verwendung zahlreicher Schwellen, die bei dem Holzreichthum des Landes äufserst billig zu erhalten sind. Während in Deutschland auf die Schiene von 9 m Länge meist 10 und 11, nur selten 12 und 13 Schwellen kommen, werden in America auf die gleiche Länge in der Regel 15 oder 16 bis zu 17 Schwellen, allerdings meist von geringerer Breite, eingelegt. Nur auf den erwähnten Linien mit besserem Schotterbett ist die Schwellenzahl geringer, in Hauptgleisen 14, in Nebengleisen 12, also immer noch höher als bei uns. Der durch die Schaffung zahlreicher Stützpunkte angestrebte Zweck wird thatsächlich erreicht, denn der americanische Oberbau befährt sich im allgemeinen sicher.

Der ausgiebigen Verwendung der Schwellen ist es auch zu danken, dafs sich Schienen, die bei unseren Schwellenentfernungen nicht mehr die nöthige Tragfähigkeit besäfsen, der Beanspruchung durch schwere Locomotiven und grofse Geschwindigkeit noch gewachsen zeigen.

Für Deutschland, wo man in neuerer Zeit das Bedürfnifs empfindet, schwerere Betriebsmittel mit gröfserer Geschwindigkeit verkehren zu lassen und infolge davon beginnt, den Oberbau zu verstärken, kann aus den americanischen Erfahrungen der Schlufs gezogen werden, dafs man mit dem sich zunächst darbietenden Mittel, die Schwellenzahl zu vermehren, erforderlichen Falles bei mäfsigen Schwellenpreisen noch erheblich weiter gehen kann als bisher, ohne befürchten zu müssen, die Grenze des Zweckmäfsigen zu überschreiten.

Die americanische Schiene unterscheidet sich von der deutschen hauptsächlich durch die gröfsere Fufsbreite, die durchschnittlich der Höhe gleichkommt. Der Kopf ist von einer Breite, wie sie erst unsere neuesten Schienen erhalten, und kaum abgerundet. Die Gewichte kommen den bei uns üblichen ziemlich gleich. Man geht in neuerer Zeit auch in America zu schwereren Schienen über, und es finden sich bereits solche von 50 kg auf das laufende Meter. Die Schienen werden senkrecht gestellt, ihre Stöfse meist versetzt. Die übeln Erfahrungen, die wir mit dieser Stofsanordnung früher gemacht und die dazu geführt haben, sie zu verlassen, sind den Americanern wohl infolge der Ausstattung ihrer Fahrzeuge mit Drehgestellen erspart geblieben. Eine Rückkehr zu der verlassenen Construction kommt für uns kaum in Frage.

Die Schienen werden auf den hölzernen Schwellen — eiserne finden sich nicht oder nur in verschwindender Zahl — ohne Zwischenunterlagen ausschliefslich durch Nagelung befestigt. Die Laschen sind, entsprechend der Breite des Kopfes, kräftig; sie werden vielfach mit 6 Bolzen befestigt. Zur Erhaltung der Spurweite finden allgemein Spurhalter Anwendung, eiserne, auf die Schwellen genagelte Stützen, gegen die sich die Schienenköpfe lehnen.

Die americanischen Weichen sind einfach, ihre Zungen vielfach gerad. Schleppweichen werden häufig verwendet. In manchen englischen Weichen finden sich statt der Doppelherzstücke bewegliche Schienen, die gleichzeitig mit den Zungen eingestellt werden, eine Bauart, mit der auch bei uns Versuche gemacht worden sind, die aber kein besonders günstiges Ergebnifs geliefert haben.

IV. Weichenstellwerke und Signale.

Eine höchst bemerkenswerthe Neuerung auf dem Gebiete der Weichen- und Signalcentralisirung ist ein Stellwerk mit pneumatischem Antrieb und elektrischer Auslösung. Die von einer Dampfmaschine erzeugte Prefsluft, die in Röhren zu jeder Weiche geführt wird, wirkt durch elektrisch gesteuerte Kolben auf die Zungen. Das Auslösen geschieht durch Drehung kleiner Contact-Hebel. Die Geschwindigkeit, mit der auf diesem Apparate gearbeitet wird, läfst sich mit der beim Spielen auf einer Claviatur vergleichen. Ganze Weichenstrafsen werden in derselben Zeit umgelegt, die bei mechanischer Kraftübertragung zur Bewegung eines Weichenhebels erforderlich ist. Der Apparat ist zwar ungewöhnlich verwickelt, er arbeitet aber trotzdem sicher und zwar auch auf Entfernungen, bei denen die Bedienung der Weichen mit Gestänge oder Drahtzug unmöglich wäre. Die Anlagekosten sollen ungefähr viermal so hoch sein als die eines Stellwerks mit mechanischem Antrieb. Die Einführung der neuen Erfindung könnte deshalb zunächst wohl nur bei Bahnhöfen mit sehr lebhaftem Verkehr und rascher Zugfolge, wo auf eine schnelle Bildung der Fahrstrafse besonderer Werth zu legen ist, oder aber bei solchen Anlagen in Frage kommen, wo weit entfernte Weichengruppen in ein Stellwerk einzubeziehen sind. Es wäre von grofsem Interesse, wenn eine deutsche Eisenbahnverwaltung bei sich bietender Gelegenheit einen Versuch mit dem System machte.

Die Eigenschaft der Prefsluft, Kraft auf grofse Entfernung sicher zu übertragen, hat dazu geführt, sie auch zum Betriebe automatischer Blocksignale zu verwenden. Es finden sich verschiedene derartige Anlagen, theils in Verbindung mit den erwähnten pneumatischen Stellwerken, theils selbständig mit eigenen Compressoren. Ueberhaupt bürgert sich die Eintheilung der frequenteren Linien in Blockstrecken allmählich ein. Ihr Betrieb ist meist automatisch; zum Umstellen wird aufser der Prefsluft hauptsächlich Elektricität verwendet. Angesichts der günstigen Erfahrungen, die man mit den selbstthätigen Blockeinrichtungen in America gemacht hat, möchte es sich trotz des bei uns dagegen herrschenden Mifstrauens empfehlen, ausgedehntere Versuche damit anzustellen.

Auf einigen Linien sind Mastsignale im Gebrauch, deren Flügel bei Nacht erleuchtet werden, sodafs das Signalbild bei Dunkelheit dasselbe ist wie bei Tage. Nach den auf den Reichseisenbahnen in Elsafs-Lothringen gemachten Erfahrungen versagt indessen die Beleuchtung bei Nebel und Reif den Dienst, so-

dafs die Einrichtung zur Nachahmung nicht empfohlen werden kann.

V. Bahnhöfe.

Die älteren americanischen Bahnhöfe sind äufserst beschränkt, sodafs man oft staunen mufs, wie es möglich ist, auf ihnen einen so starken Verkehr zu bewältigen. Der Abstand der Gleise, selbst der An- und Abfahrtgleise der Personenzüge ist gering bemessen. Dem immer dringender werdenden Bedürfnifs entsprechend sind in neuerer Zeit einzelne ausgedehnte Bahnhöfe gebaut worden, die sich indessen unseren neueren Bahnhöfen kaum an die Seite stellen dürfen, sie jedenfalls nicht übertreffen.

Die Empfangsgebäude auf den kleineren Bahnhöfen sind, wenige Ausnahmen abgerechnet, in einem dem deutschen Besucher dürftig erscheinenden Zustande. Es sind zumeist Holzbauten mit einfachen baulichen Einrichtungen und äufserst bescheidener Ausstattung, wie man sie hier zu Lande selbst an kleinen Orten kaum anwenden würde. Die bewundernswerthe Anspruchslosigkeit des americanischen Publicums steht in einem auffallenden Gegensatze zu den Ansprüchen, die man in Deutschland an die Einrichtung und den Comfort der Bahnhöfe zu stellen gewohnt ist.

VI. Betriebsmittel.

A. Locomotiven.

Einleitend wird bemerkt, dafs die Ansicht, die americanischen Locomotiven seien besser construirt, sie lieferten einen günstigeren Nutzeffect als die deutschen, den Thatsachen nicht entspreche. Richtig ist nur, dafs der Americaner in der Lage ist, seine Locomotive schwerer zu bauen und sie dadurch leistungsfähiger zu gestalten. Der Raddruck unserer Locomotiven darf 7 t nicht übersteigen, weil sie auf sämtliche deutsche Hauptbahnen müssen übergehen können, deren Oberbau höhere Einzellasten zur Zeit nur auf verhältnifsmäfsig wenigen Strecken mit Sicherheit aufzunehmen vermag. Der Americaner ist an solche Vorschriften nicht gebunden; er kann die Belastung seiner Achsen nach der Tragfähigkeit des Oberbaues und der Brücken der einzelnen Strecke bemessen, auf der die Locomotive verkehren soll. Er wendet in neuerer Zeit Raddrücke bis zu 9 t (bei der Exprefslocomotive der New-Yorker Centralbahn sogar 9,5 t) an, sodafs es ihm möglich wird, das für die Leistungsfähigkeit bei langsamer Fahrt mafsgebende Adhäsionsgewicht um etwa 35 % höher zu halten und die Heizfläche, von deren Gröfse die Leistung bei rascher Fahrt abhängt und die ihrerseits mit dem Kesselgewichte wächst, in demselben Verhältnifs zu vermehren. Eine americanische Locomotive kann also gegenüber einer deutschen von derselben Achsenzahl eine um ein volles Drittel höhere Leistungsfähigkeit besitzen, ohne dafs ihr in constructiver Hinsicht besondere Vorzüge zuzuerkennen wären. Dazu kommt, dafs man in America, wo sich früher als bei uns das Bedürfnifs geltend gemacht hat, schwere Züge mit gröfserer Geschwindigkeit zu fahren, eher dazu übergegangen ist, die Achsenzahl der Locomotiven zu vermehren. Während unsere Locomotiven bis vor wenigen Jahren fast allgemein nur 3 Achsen erhielten, wurden in den Vereinigten Staaten schon vor langer Zeit Locomotiven mit 4 und 5 Achsen gebaut, sodafs heute America eine verhältnifsmäfsig viel gröfsere Zahl schwerer Locomotiven besitzt als wir.

In Beziehung auf die Vermehrung der Achsenzahl sind wir neuerdings dem americanischen Beispiel gefolgt. Die Schnellzuglocomotiven für höhere Leistungen erhalten jetzt meist 4 Achsen, 2 Treibachsen und 2 in einem Drehgestelle vereinigte oder sonst gelenkig angeordnete Laufachsen, die Güterzuglocomotiven für gebirgige Linien 4, mitunter auch 5 gekuppelte Achsen. Unsere neueren Schnellzuglocomotiven können auch bezüglich der Schnelligkeit mit den americanischen wetteifern. Bravourstücke, wie sie hin und wieder in America ausgeführt werden, wo Versuchszüge angeblich eine Geschwindigkeit von 100 Meilen = 160 km in der Stunde erreicht haben, sind bei uns allerdings nicht zu verzeichnen. Ihnen stehen die im Interesse der Sicherheit getroffenen Bestimmungen unserer Betriebsordnung im Wege; man legt eben bei uns, und zwar mit bestem Erfolge, ein noch gröfseres Gewicht auf die Sicherheit als in America.

Die Neuerungen im Bau unserer Locomotiven sind zum Theil unter dem Einflusse americanischer Erfahrungen nach eingehenden, an Ort und Stelle gemachten, in umfassenderen Abhandlungen niedergelegten Studien deutscher Maschineningenieure eingeführt worden. Die Studienreisen im Jahre 1893 haben daher auf dem Gebiete des Locomotivbaues eine verhältnifsmäfsig geringe Ausbeute geliefert, sodafs sich die weitere Besprechung auf wenige Punkte beschränkt.

Unter anderem wird erwähnt, dafs die aus Europa stammende Verbundeinrichtung der Locomotivmaschinen auch in America immer mehr Eingang finde. Die von der Baldwinschen Locomotivfabrik in gröfserer Zahl gebauten Locomotiven mit einem grofsen und einem kleinen Cylinder auf jeder Seite gehörten indessen streng genommen nicht zu den Verbundmaschinen, seien vielmehr als Woolfsche Maschinen zu bezeichnen. Angesichts der bei dieser Bauart stattfindenden Vermehrung der einzelnen Locomotivtheile und der ungünstigen Beanspruchung der Kreuzköpfe könne jedoch diese Construction nicht besonders empfohlen werden.

Die hohe Kessellage, die der americanischen Locomotive den Eindruck des Massigen verleiht, wird an sich gleichfalls nicht zur Nachahmung empfohlen. Sie zeigt indessen, dafs es keinem Bedenken begegnet, den Schwerpunkt höher zu legen als bei uns üblich, wenn dadurch sonstige Vortheile erzielt werden können.

In der Bemessung des Tenderinhaltes geht man in Deutschland weiter als in America, wo man es nicht schwer nimmt, die Züge unterwegs zum Zweck des Wasserfassens halten zu lassen. Die Einrichtungen, die es gestatten, dafs die Locomotiven während der Fahrt ihren Wasservorrath erneuern, haben bis jetzt nur auf den Bahnen, wo sehr schnell fahrende Züge verkehren, Anwendung gefunden.

Auffallend ist der billige Preis, zu dem die americanischen Locomotiven trotz der hohen Arbeitslöhne geliefert werden. Es erklärt sich dies erstens aus dem Umstande, dafs jede Fabrik nur wenige Typen, und zwar nach eigenen Entwürfen, baut, dafs sie also von den Vorschriften und Plänen der Eisenbahnverwaltungen mehr oder minder unabhängig und dadurch in die Lage versetzt ist, eine gröfsere Anzahl Special-Werkzeugmaschinen zu benutzen und auf diesen einzelne Locomotivtheile in Masse und zu billigen Preisen im Vorrath herzustellen. Sodann werden, weil ein vorzügliches Gufseisen zur Verfügung steht, viele Bestandtheile gegossen, die bei uns geschmiedet werden müssen; selbst die Trieb- und Laufradgestelle werden meist aus Gufseisen hergestellt. Zu den Feuerbuchsen verwendet man beinahe

ausschliefslich Flufseisen, während in Deutschland das haltbarere, aber ungleich theuerere Kupfer vorgezogen wird. Die Nietlöcher werden gestanzt, nicht gebohrt. Der Rahmen ist leichter construirt, weil der Americaner die Cylinder und den Kessel mit als tragende Theile betrachtet, während wir diese Function dem Rahmen zuweisen. Auch werden die einzelnen Theile entfernt nicht so sauber bearbeitet wie bei uns; man begnügt sich damit, die reibenden Flächen genau herzustellen, die sonstigen Flächen aber werden mehr oder weniger roh gelassen.

Die Lebensdauer der americanischen Locomotiven ist aus diesen Gründen und auch infolge ihrer stärkeren Ausnutzung eine wesentlich kürzere als die der deutschen, was indessen den nicht zu unterschätzenden Vortheil mit sich bringt, dafs Fortschritte im Maschinenbau rascher zur Einführung gelangen können als da, wo der Hauptwerth auf lange Dauer der Locomotiven gelegt wird.

B. Wagen.

Die bei den Locomotiven erwähnte Vereinfachung und Einheitlichkeit in der Herstellung tritt auch beim Wagenbau hervor und verbilligt die Fabrication.

Verwendung von Holz. Die ausgedehnte Verwendung von Holz ist gleichfalls von Einflufs auf den Preis. Nicht allein der Wagenkasten, sondern auch das Untergestell wird fast ausschliefslich aus diesem Material hergestellt, was in einem Lande, das bisher über so reiche Holzvorräthe verfügte, leicht erklärlich ist. Eine Verminderung der Holzbestände macht sich aber jetzt schon geltend, und es ist bereits schwierig geworden, die gröfseren Langträger der Untergestelle in einem Stücke zu beschaffen.

Die Verwendung von Holz zu den Untergestellen, namentlich zu den Langträgern, trägt zweifellos in erheblichem Mafse zu dem ruhigen, sanften Gange bei, durch den sich die americanischen Personenwagen im allgemeinen auszeichnen. Ueber die Frage, ob es sich auch für uns empfehle, dem Holze im Bau der Personenwagen wieder mehr Platz einzuräumen, gehen die Ansichten auseinander. Von einer Seite wird darauf hingewiesen, dafs eiserne Träger widerstandsfähiger seien und daher eine höhere Sicherheit böten als hölzerne, die bei Zusammenstöfsen zersplitterten. Von anderer Seite wird dagegen bemerkt, dafs dem Holze durch Armirung mit Eisen- oder Stahlblech dieselbe Widerstandsfähigkeit verliehen werden könne; man möge sich deshalb der Vortheile, die das Holz unstreitig biete, nicht begeben. Hierzu drängten nicht nur die Beobachtungen in America und England, sondern auch die Wahrnehmungen im eigenen Lande, wo die in die Orientexprefszüge eingestellten Wagen der Schlafwagengesellschaft, bei deren Bau das Holz eine verhältnifsmäfsig bedeutende Rolle spiele, ungleich sanfter und ruhiger liefen als selbst die neuesten vierachsigen Wagen der preufsischen D-Züge. Es empfehle sich dringend, sowohl bei zwei- wie bei mehrachsigen Wagen ausgedehntere Versuche mit einem gemischten Systeme zu machen, bei dem die Theile, die die verticalen Stöfse auf den Wagenkasten übertragen, aus Holz herzustellen und soweit sie auch horizontale Stöfse aufzunehmen haben, mit Eisen zu armiren wären.

Drehgestelle. Der Umstand, dafs die americanischen Wagen auf Drehgestellen laufen, wirkt in Verbindung mit ihrem bedeutenden Gewichte und grofsem Radstande ebenfalls günstig auf den ruhigen Gang der Fahrzeuge ein. Namentlich in der Geraden gehen diese Wagen ruhig und ohne jede Schlingerbewegung; nur in den Curven macht sich hin und wieder ein Stofsen unangenehm bemerkbar. Bei den gewöhnlichen Personenwagen besitzt das Drehgestell 2, bei den längeren Schlaf- und Luxuswagen meist 3 Achsen. In diesen Wagen besonders erfreut man sich einer sanften, angenehmen Bewegung.

Die Versammlung stimmt darin überein, dafs es sich trotz der unleugbaren Vorzüge der mit Drehgestellen ausgerüsteten Personenwagen für uns nicht darum handeln könne, vollständig zu diesem System überzugehen. Drehgestelle könnten nur unter grofsen Wagen verwendet werden, bei kleineren Wagen vermehrten sie das todte Gewicht zu sehr. Die engeren Maschen des deutschen Eisenbahnnetzes, die geringere Ausdehnung vieler Strecken, anderseits das Bedürfnifs, in die über längere Linien laufenden Personenzüge eine grofse Anzahl von Curswagen einzustellen, die weniger Plätze enthalten könnten, wiesen darauf hin, dafs wir auf unsere kleineren Wagen nicht verzichten dürften. Ebenso herrscht aber darüber Einigkeit, dafs die Beobachtungen an den Drehgestellwagen ein Sporn für uns sein müfsten, in unseren Bestrebungen, den Gang der kleineren Wagen zu verbessern, fortzufahren. Neben der allgemeinen Verwendung von Lenkachsen und von grofsen Radständen müsse insbesondere der Federung, die an den americanischen Drehgestellen ungleich besser sei, eine erhöhte Aufmerksamkeit zugewendet werden. Der Anregung, überall dort, wo man mit zwei Achsen nicht auskomme, gleich zu Drehgestellen überzugehen und den Neubau dreiachsiger Personenwagen womöglich ganz aufzugeben, wird von der Mehrzahl der Anwesenden zugestimmt. Von anderer Seite wird indes bemerkt, dafs vierachsige Wagen möglichst lang gebaut werden müfsten, wenn das auf den einzelnen Sitzplatz entfallende Gewicht nicht zu grofs werden solle, dafs aber selten ein Bedürfnifs nach so grofsen Wagen vorliege, weshalb auf den dreiachsigen Wagen als Zwischenstufe nicht ganz werde verzichtet werden können.

Räder. Die Räder der americanischen Wagen werden meist gegossen. Die besseren Personenwagen erhalten vielfach Papierräder, die zu dem ruhigen Gange der Wagen gleichfalls beizutragen scheinen. Die Papierräder sind theuer, sollen aber erheblich länger halten als Gufsräder. Die Reifen können auf den Papierscheiben nicht solide befestigt werden, was dazu geführt hat, die damit in Deutschland früher gemachten Versuche wieder einzustellen. Zu neuen Versuchen wird von keiner Seite gerathen.

Zugstangen. Durchgehende Zugstangen werden in America im allgemeinen nicht verwendet; die Zugkraft wird meist von dem Rahmen aufgenommen.

Kupplungsvorrichtungen. Selbstthätige Kupplungsvorrichtungen sind schon heute an einer grofsen Anzahl von Personen- und Güterwagen vorhanden und haben den an eine solche Kupplung gestellten Anforderungen entsprochen, sodafs die Ausrüstung sämtlicher Eisenbahnwagen der Vereinigten Staaten mit selbstthätigen Kupplungen bis Ende des Jahres 1897 durch Gesetz vom 2. März 1893 vorgeschrieben werden konnte.

Hiernach und nach den Beobachtungen an Ort und Stelle darf die Aufgabe, mit der man sich seit Jahrzehnten beschäftigt hat, eine praktisch brauchbare selbstthätige Kupplung zu schaffen, wohl als gelöst betrachtet werden.

Bei der grofsen Wichtigkeit dieser Einrichtung und da keine Aussicht vorhanden ist, unsere jetzige Kupplung in brauchbarer Weise selbstthätig zu machen, erscheint es nothwendig, der

Frage näher zu treten, ob es nicht möglich wäre, das americanische Princip auch für eine Aenderung der Kupplung der europäischen Eisenbahnfahrzeuge nutzbar zu machen und auf diesem Wege deren Selbstthätigkeit zu erzielen. Es scheint dies, auch unter Beibehaltung seitlicher Puffer, ausführbar zu sein.

Die Versammlung verhehlt sich nicht, dafs der Uebergang zu einer anderen Kupplung nicht nur mit erheblichen Kosten, sondern auch mit gewissen betriebstechnischen Schwierigkeiten verknüpft sein würde, sie hält es aber für möglich, den letzteren zu begegnen. Jedenfalls sollten bei Local- und Kleinbahnen, deren Wagen nicht auf andere Bahnen übergehen, schon jetzt nur selbstthätige Kupplungen angewendet werden.

Bremsen. Mit Luftdruckbremsen, die, von verhältnifsmäfsig geringen Ausnahmen abgesehen, nach System Westinghouse gebaut werden, sind in America nicht nur die meisten Personenwagen, sondern auch schon viele Güterwagen ausgestattet. Nach gesetzlicher Bestimmung sollen bis Ende 1897 so viele Güterwagen damit ausgerüstet sein, dafs sämtliche Züge von der Locomotive aus ohne Zuhülfenahme der Handbremse regiert werden können. Der Grund dieses raschen Vorgehens wird darin zu suchen sein, dafs die Bedienung der Handbremsen mit Gefahr für das Personal verknüpft ist, weil sie bei den Güterwagen von den Dächern aus in Thätigkeit gesetzt werden müssen. Güterzügen, die auf ihre ganze Länge durchgehende Bremsen führen, begegnet man übrigens noch selten, häufiger Zügen mit beiderlei Arten, wo dann die Wagen mit durchgehenden Bremsen auf die Locomotive folgen und in erster Linie zur Regelung der Geschwindigkeit benutzt werden.

In Deutschland drängen die Verhältnisse entfernt nicht in demselben Mafse dazu, auch die Güterzüge mit durchgehenden Bremsen zu führen. Unsere Handbremsen werden von den Plattformen der Wagen oder von bedeckten Sitzen aus bedient, wobei das Personal durch Wegebrücken, Tunnel und dgl. nicht gefährdet ist. Auch führen wir nicht im gleichen Mafse geschlossene Güterzüge, sondern es müssen unterwegs häufig Wagen aus- und eingestellt werden, was bei Luftdruckbremsen immer mit einigen Umständlichkeiten verknüpft ist. Endlich scheinen sich auch die Schnellbremsen mit unserer Kupplung weniger gut zu vertragen, wenigstens ist durch Versuche nachgewiesen worden, dafs längere Züge von 60 und mehr Achsen fast regelmäfsig und selbst bei langsamer Gangart zerreifsen, wenn sie — im Falle der Gefahr — rasch gebremst werden, oder wenn eine unbeabsichtigte Nothbremsung eintritt. Ehe dieser Uebelstand durch Verbesserung der Bremsconstruction oder durch Aenderung der Kupplung beseitigt worden ist, möchte es fraglich sein, ob in der Einführung der Luftdruckbremse bei unseren Güterzügen überhaupt ein Vortheil zu erblicken wäre. Keinesfalls liegt ein Grund vor, damit rascher vorzugehen als jetzt, wo die Gepäckwagen sowie diejenigen Güterwagen damit ausgerüstet werden, die unter Umständen mit Personenzügen zu befördern sind.

Einrichtung der Personenwagen. Die americanischen Personenwagen sind sämtlich Durchgangswagen. Bei uns wurden solche Wagen bis in die neueste Zeit fast nur im Localverkehr verwendet; im weiteren Verkehr laufen mit wenigen Ausnahmen nur Abtheilwagen. Die Verschiedenheit mag in den gesellschaftlichen Verhältnissen beider Länder ihren Ursprung haben. In America gab es früher thatsächlich und giebt es auch heute nominell meist nur eine einzige Klasse, während bei uns, wo das Bedürfnifs des Wenigerbemittelten, billig befördert zu werden, in ganz anderer Weise berücksichtigt wird, mindestens drei, meist aber vier Klassen bestehen und überdies für Frauen und Nichtraucher besondere Räume verlangt werden. Diesen Anforderungen kann bei Abtheilwagen besser entsprochen werden als bei Durchgangswagen. Darüber, welchem System an sich der Vorzug gebühre, gehen die Meinungen beträchtlich auseinander. Während die einen den gröfseren Werth auf die Annehmlichkeit legen, den die Durchgangswagen dadurch bieten, dafs man seinen Platz gelegentlich wechseln, im Wagen, ja selbst im ganzen Zuge umhergehen könne, auch hervorheben, dafs solche Wagen besser zu lüften und zu heizen seien und den Dienst des Personals erleichterten, betonen andere die gröfsere Bequemlichkeit der Sitze in den Abtheilwagen, die zudem die Möglichkeit böten, sich auszustrecken, wenn der Abtheil nicht voll besetzt sei, und wollen in der Abgeschlossenheit von der Menge der Mitreisenden gerade einen Vortheil des anderen Systems erblicken.

Die Versammlung kann sich nur dahin einigen, dafs für die über weite Strecken geschlossen durchfahrenden Ueberlandzüge, bei denen der Reisende darauf angewiesen ist, im Zuge verpflegt zu werden und zu schlafen, Durchgangswagen nicht werden entbehrt werden können, dafs es aber wünschenswerth sei, wenn diese Züge nur eine, höchstens zwei Klassen führten.

Wie bemerkt, giebt es in America auch heute noch nominell meist nur eine Klasse; thatsächlich bestehen aber doch Unterschiede, einerseits nach unten — für Farbige, für Einwanderer usw. —, anderseits nach oben — Luxuswagen, die dem Wohlhabenden gegen ein verhältnifsmäfsig nicht hohes Aufgeld besondere Bequemlichkeiten bieten. Der Luxuswagen in seinen verschiedenen Formen als Sleeping-, Parlor-, Dining-, Buffet-Car ist für das Reisen in America von besonderer Bedeutung geworden. Man findet jetzt kaum einen über gröfsere Strecken laufenden Personenzug, in den nicht mindestens ein oder mehrere Wagen von Pullman oder seinen jüngeren Concurrenten Wagner, Krabel usw. eingestellt wären; oft sind sogar ganze Züge aus solchen Wagen zusammengesetzt. Die Wagen haben theils Mittel-, theils Seitengang und sind meist mit grofsem Luxus sowie mancherlei Bequemlichkeiten eingerichtet.

Schlafwagen. Die Schlafwagen mit Mittelgang konnten der Mehrheit der Anwesenden keinen Beifall abgewinnen. Man ist in solchen Wagen nicht in dem Mafse von seinen Mitreisenden getrennt, wie wir es bei unseren Begriffen von Schicklichkeit, namentlich auch im Interesse der reisenden Damen glauben fordern zu müssen. Wenn auch unsere Schlafwagen mit Abtheilungen keineswegs schon als vollkommen angesehen werden könnten, so sei das bei ihnen angewendete Princip, die Reisenden mehr von einander zu trennen, das sich übrigens in neuerer Zeit auch in America Geltung verschaffe, für uns das allein richtige.

Auch der übertriebene Aufwand, mit dem die Luxuswagen ausgestattet werden, findet die Billigung der Versammlung nicht. Wohl sei es in einem Lande, das über eine Fülle edler Holzarten verfüge, gerechtfertigt, davon zur Austäfelung der Wagen ausgedehnten Gebrauch zu machen, dagegen seien die überladenen Schnitzereien, die reiche Drapirung mit kostbaren Stoffen und dgl. nicht allein überflüssig, sondern wegen der Schwierigkeit, sie gründlich zu reinigen, geradezu zu verwerfen. Als beachtenswerth wird die grofse Ausdehnung der Waschräume

in den Schlafwagen und der Küchen in den Speisewagen erwähnt, die unseren Einrichtungen zum Muster dienen könnten.

Die luxuriös ausgestatteten Parlor-Cars sind nach Ansicht der Versammlung weder wirklich angenehm, noch für unsere Verhältnisse erforderlich.

Als einer praktischen Einrichtung wird eines Brettchens gedacht, das in die Fensteröffnung eingeklemmt werden kann und den Reisenden gegen Zugwind, Staub und den Rauch der Locomotiven wirksam schützt. Man ist zwar bei unserer Fenster-Construction gegen Zugwind besser gedeckt als bei dem americanischen Fenster, das durch Schieben von unten nach oben geöffnet wird; immerhin könnte aber die Einrichtung auch für uns in Frage kommen. Erwähnt wurden ferner die Doppelfenster, die sich bei vielen Wagen, insbesondere den Schlafwagen vorfinden, die Staubgitter, die zwischen die halbgeöffneten Fenster geklemmt werden, sodann die Closeteinrichtung mit Wasserspülung und die schmalen Tische, die nach Bedarf zwischen den Sitzen angebracht werden können.

Eine von den übrigen Wagen abweichende Bauart zeigen die Wagen der Hochbahnen in New-York und Chicago. Sie haben an den Enden Längs- und in der Mitte Quersitze. Der ganz durchlaufende Mittelgang ist zwischen den Längssitzen so breit, dafs eine gröfsere Anzahl von Personen darin stehen kann. Diese Bauart ermöglicht eine sehr rasche Entleerung der Wagen, die auch durch die breiten Plattformen, den praktischen Thürverschlufs und die Höhenlage der Bahnsteige begünstigt wird. Wie beobachtet wurde, vollzieht sich das Ein- und Aussteigen bei solchen Wagen noch schneller als selbst bei Abtheilwagen, weil der americanische Reisende gewöhnt ist, nur an der Stirnseite des Wagens aus- und an seinem Ende einzusteigen, sodafs die einsteigenden nicht auf die aussteigenden zu warten haben.

Heizung der Personenwagen. Die Heizung der Personenwagen wird durch deren Bauart sowie bei continuirlichem Heizsystem dadurch erleichtert, dafs infolge der Zusammensetzung der Züge aus grofsen Wagen nur wenige Verbindungsstellen vorhanden sind. Die Verbindungsschläuche werden meistens wie die Schläuche der Luftdruckbremsen gekuppelt und können sich selbstthätig entkuppeln, was als ein Vorzug vor unserer Einrichtung anzusehen ist.

Praktische Erfahrungen über die Wirkung einzelner Heizsysteme konnten die Commissare nicht sammeln, da sie die nordamericanischen Bahnen in den Sommermonaten bereist haben.

Vielfach wird Warmwasserheizung mittels des bekannten, auch in europäischen Schlafwagen eingeführten Bakerofens angewendet. In neuester Zeit werden dabei die Oefen nicht nur für Kohlenheizung, sondern zur Erhöhung der Feuersicherheit zur Heizung mit Dampf eingerichtet, der der Locomotive entnommen wird.

Auf dem Gebiete der Dampfheizung findet sich eine neuere Einrichtung, wobei das Condensationswasser aus der Heizleitung durch eine auf dem Tender aufgestellte Pumpe angesaugt wird. Dadurch soll es möglich werden, selbst bei starker Kälte 12 Wagen mit Dampf von nur einer Atmosphäre Ueberdruck zu heizen.

Besonders günstige Ergebnisse soll das Heizsystem von Morton liefern, bei dem poröse Thonröhren von 35 mm Wandstärke, die von 100 mm weiten eisernen Röhren umschlossen sind, als Träger der Wärme dienen. Sie werden durch den Dampf der Locomotive, jedoch nur während der Zeit des Aufenthalts auf den Stationen, erhitzt und nehmen dabei so viel Wärme auf, dafs sie die Wagen während der Fahrt auch zwischen entfernteren Stationen genügend warm zu halten im Stande sind.

Erleuchtung der Personenwagen. Zur Erleuchtung der Wagen wird Petroleum und Gas, meist Fettgas nach System Pintsch, verwendet. Vereinzelt ist eine Beleuchtung durch Gasolin bemerkt worden, die jedoch feuergefährlich zu sein scheint.

Der elektrischen Beleuchtung steht auch der Americaner im allgemeinen noch abwartend gegenüber. Immerhin ist sie drüben schon viel verbreiteter als bei uns, was darauf zurückzuführen ist, dafs die Personenzüge in gröfserer Anzahl geschlossen über weite Strecken geführt werden, wobei eine einzige Stromquelle genügt. Die Dynamomaschine wird manchmal in einem besonderen, mit Dampfkessel und Dampfmaschine ausgerüsteten Wagen aufgestellt, von dem aus der Zug im Winter auch geheizt wird. Bei uns, wo fast regelmäfsig unterwegs Wagen aus- und einzustellen sind, die elektrischen Leitungen also häufig unterbrochen werden müfsten, stehen solchen Einrichtungen noch manche Schwierigkeiten entgegen.

Güterwagen. Auch die americanischen Güterwagen besitzen, wie die Personenwagen, mit verschwindenden Ausnahmen Drehgestelle. Ihre durchschnittliche Tragfähigkeit ist deshalb höher als die unserer Wagen und steigt bis auf etwa 30 t, ohne dafs das Eigengewicht in demselben Verhältnifs zunähme. Bei uns hat sich das Bedürfnifs, die Ladefähigkeit zu erhöhen, noch nicht in dem Mafse geltend gemacht, dafs es gerathen wäre, allgemein zum Bau vierachsiger Güterwagen überzugehen. Unsere neueren Erfahrungen über die Ausnutzung der Wagen von 12,5 und 15 t Ladefähigkeit scheinen vielmehr darauf hinzuweisen, dafs man mit der Ladefähigkeit des gewöhnlichen Güterwagens zur Zeit nicht höher gehen sollte als bis 15 t, ein Nettogewicht, das noch auf 2 Achsen befördert werden kann, und bei dem das Verhältnifs des Eigengewichts zur Nutzlast kaum ungünstiger ist als bei Drehgestellwagen von der doppelten Tragfähigkeit. Wagen zur Beförderung besonders schwerer Gegenstände bauen auch wir schon längst mit Drehgestellen.

Was über die leichte Bauart der americanischen Wagen im allgemeinen gesagt wurde, trifft bei den Güterwagen in erhöhtem Mafse zu. Sie bestehen zum gröfsten Theile aus Holz und sind deshalb sehr billig. Sie dauern aber auch meist nur kürzere Zeit, sodafs unsere erheblich solider gebauten und daher im Betriebe sicherern Güterwagen, die wohl drei- bis viermal so lange halten, im Grunde genommen nicht theuerer sind.

Specialwagen von zweckmäfsigen Constructionen, Kühlwagen für leicht verderbliche Waren, Güterwagen mit Heizeinrichtungen, Viehwagen mit vorzüglichen Einrichtungen zum Tränken und Füttern des Viehes während der Fahrt finden sich bei verschiedenen Verwaltungen. Man hat indessen in dieser Beziehung in Deutschland schon wesentliche Fortschritte gemacht, die jenen in America wenig nachstehen werden. Dafs man in solchen Einrichtungen hin und wieder zu weit gehen kann, haben unsere Versuche mit Fütterungsanlagen in den Viehwagen bewiesen, wobei sich gezeigt hat, dafs unser Vieh unterwegs weder zu fressen noch zu saufen pflegt.

Schneepflüge.

Schneepflüge werden im nördlichen Theile der Vereinigten Staaten bei den klimatischen Verhältnissen des Landes in grö-

ſserem Umfange verwendet als bei uns. Besonderer Anerkennung erfreuen sich die rotirenden Schneeschaufeln. Mit ihrer Hülfe können selbst die höher gelegenen Gebirgsstrecken, die unter Schneeverwehungen schwer zu leiden haben, offen gehalten werden. Die meilenlangen hölzernen Schneedächer, durch die man früher solche Strecken zu schützen suchte, deren Unterhaltung aber recht kostspielig war, weil sie leicht Feuer fingen und abbrannten, läſst man nach den mit diesen Maschinen gemachten günstigen Erfahrungen mehr und mehr eingehen. In Deutschland sind in den letzten Jahren einige solche Schaufelräder nach americanischen Mustern gebaut worden; in den schneearmen Wintern hat sich aber keine Gelegenheit geboten, sie praktisch zu erproben. Ueberhaupt scheinen bei unseren günstigeren klimatischen Verhältnissen solche Maschinen weniger nothwendig zu sein und die gewöhnlichen von der Locomotive geschobenen oder fest mit ihr verbundenen Schneepflüge im allgemeinen zu genügen.

VII. Verwaltung, Betrieb und Verkehr.

A. Allgemeines.

Der Verwaltungsdienst ist bei den americanischen Eisenbahnen anders organisirt als bei den deutschen. Mit Rücksicht auf die verschiedenen Verhältnisse beider Länder, aus denen heraus sich die Organisationen entwickelt haben, sieht die Versammlung davon ab, die americanischen Einrichtungen im einzelnen zu besprechen. Hervorgehoben wird, daſs im Gegensatze zu unseren mehr oder weniger bureaukratischen Einrichtungen überall die Persönlichkeit des einzelnen Beamten, der in seinem Wirkungskreise die Entscheidung selbständig zu treffen, damit aber auch die volle Verantwortung zu übernehmen habe, mehr in den Vordergrund trete. Der Umstand, daſs nur in den seltensten Fällen mehrere Beamte an der Erledigung eines Gegenstandes betheiligt seien, und die an der Spitze der einzelnen Verwaltungszweige stehenden Beamten einander in Behinderungsfällen nicht gegenseitig verträten, sondern durch ihre mit dem Dienste vollkommen vertrauten Gehülfen vertreten würden, wirke ungemein fördernd auf den Geschäftsgang. Wie verschiedentlich wahrgenommen, wird ein umfangreicher Einlauf durch mündliche oder schriftliche Bemerkungen an die Secretäre oder durch Dictate an Stenographen in einer Zeit erledigt, in der bei uns die Acten kaum bis zu den Referenten gelangt wären. Die Schriftstücke kommen im allgemeinen in Briefform ein und werden in derselben Weise erledigt. Die Antworten und Verfügungen werden meist im Originale hinausgegeben und im Copirbuche oder mittels des Durchpauseverfahrens copirt. Vielfach sind Schreibmaschinen im Gebrauche. Diese Art der Geschäftsbehandlung setzt umfassende Sachkenntniſs bei dem einzelnen Beamten voraus. Die höheren Beamten durchlaufen auch meist während einer Reihe von Jahren die untergeordneten Stellungen. Sodann arbeiten sie längere Zeit als Gehülfen und Stellvertreter der leitenden Persönlichkeiten und besitzen infolge dessen, wenn sie selbst zu einer leitenden Stellung berufen werden, eine gründliche Kenntniſs des Dienstes, wie sie bei unseren Beamten, die manchmal einseitig ausgebildet und mit der Praxis nicht völlig vertraut seien, nicht immer angetroffen werde.

Auf die Ausbildung des Personals aller Gattungen wird bei den besseren americanischen Bahnen überhaupt groſser Werth gelegt. Sie erfolgt weniger durch gedruckte Dienstanweisungen als durch mündliche Belehrung und praktische Anleitung. Die gedruckten Anweisungen für die am Betriebsdienste betheiligten Personen sind bei einem 100000 Meilen übersteigenden Bahngebiete in einem kleinen Büchlein zusammengefaſst, das wenig mehr enthält als unsere Betriebsordnung und Signalordnung sowie Vorschriften für den Verschubdienst, und sich durch klaren, gedrungenen Text auszeichnet. In Deutschland werden die Rechte und Pflichten der Bediensteten genau umschrieben, sodaſs wir mit einem solchen Minimum von Dienstanweisungen nicht auskommen können. Wir dürfen uns aber nicht verhehlen, daſs wir Gefahr laufen, in das entgegengesetzte Extrem zu verfallen, und daſs unsere Bahnverwaltungen eine solche Fülle von Vorschriften, Anweisungen und Belehrungen erlassen haben, daſs es oft schwer ist, sich darin zurecht zu finden.

B. Zugdienst.

Die Züge folgen in America im allgemeinen in Zeitabstand. Daſs dieses Verfahren ungleich geringere Sicherheit bietet als das in Deutschland nach englischem Vorgange längst vorgeschriebene Fahren in Raumabstand unterliegt keinem Zweifel. Das mit dem Zeitwort „to telescope“ bezeichnete Ineinanderschieben der Wagen beim Aufrennen eines Zuges auf den Vorläufer, das in America alljährlich zahlreiche Opfer fordert, ist hauptsächlich diesem mangelhaften Systeme zuzuschreiben. Die Americaner verkennen auch seine Nachtheile keineswegs; einige Verwaltungen haben bereits begonnen, die Züge einander in Raumabstand folgen zu lassen und ihre Strecken mit den hierfür erforderlichen Blockeinrichtungen auszurüsten.

Die Schnelligkeit der americanischen Personenzüge wird bei uns meist überschätzt. Im Osten allerdings werden einige Schnellzüge gefahren, die mit ihrer Geschwindigkeit von mehr als 80 km in der Stunde — einschlieſslich der Aufenthalte — unsere schnellsten Züge noch etwas übertreffen; dagegen haben wir eine beträchtlich gröſsere Anzahl von Zügen mit Geschwindigkeiten zwischen 60 und 70 km — immer einschlieſslich der Aufenthalte —, und mit den gewöhnlichen Zügen wird nicht schneller gefahren als bei uns.

Ungleich rascher wird in America, wenigstens auf in Wettbewerb stehenden Linien, gefahren, wenn es gilt, eine Verspätung einzuholen. Es mag dies hin und wieder darin seinen Grund haben, daſs bei einzelnen Expreſszügen der Unterschied des Fahrgeldes zwischen diesen und den gewöhnlichen Zügen ohne weiteres zurückerstattet wird, wenn der Zug sich über ein bestimmtes Maſs verspätet hat. Der Locomotivführer ist beim Einholen von Verspätungen an keine Maximalgeschwindigkeit gebunden: er fährt so schnell, als es die Neigung der Bahn und die Bauart seiner Locomotive gestatten, und er es mit der Tragfähigkeit des Oberbaues glaubt vereinbaren zu können. Die Rücksichten auf die Betriebssicherheit verbieten uns, hierin dem americanischen Beispiel zu folgen.

Rascher fahren auch viele Güterzüge, besonders die, wie schon früher bemerkt, häufiger als bei uns auftretenden geschlossenen Güterzüge zwischen den Productionsgebieten und den groſsen Verkehrs- und Industriecentren, sowie die Züge zur Beförderung leicht verderblicher Waren. In Deutschland wurden bisher mit dem rascheren Fahren der Güterzüge, wenigstens in Beziehung auf die Kostenfrage, keine günstigen Ergebnisse erzielt. Immerhin könnte es in Frage kommen, unsere

Güterzuglocomotiven allgemein so zu bauen, dafs sie im Bedarfsfalle auch mit gröfserer Geschwindigkeit sicher fahren können.

Alle zur Beförderung eines Zuges erforderlichen Locomotiven werden vorgespannt; in starken Steigungen sieht man zuweilen deren drei an der Spitze eines Zuges. Das Nachschieben der Züge, das wesentliche Vortheile bietet, kommt in America selten vor; es läfst sich auch bei der americanischen Construction der Zug- und Stofsvorrichtungen nicht so leicht anwenden wie bei uns.

Fahrpläne bestehen nur für die regelmäfsigen Personen- und bestimmte Güterzüge. Die oft recht zahlreichen Bedarfszüge verkehren ohne Fahrplan. Der Zuglauf wird durch den „Train-dispatcher" geregelt, der durch die Stationen von der Ankunft der Züge telegraphisch in Kenntnifs gesetzt wird und seine Befehle über die Zugbewegung telegraphisch ertheilt.

Aehnliche Einrichtungen haben bis vor kurzem auch bei einigen deutschen Eisenbahnverwaltungen bestanden. Jede Abweichung vom Fahrplane wurde von einem mit der Betriebsleitung eines Bezirkes betrauten Beamten telegraphisch geregelt, Kreuzungen und Ueberholungen durften nur von ihm verlegt werden. Heute wickelt sich der deutsche Zugverkehr auf Grund des Fahrens in Raumabstand ungleich einfacher und vollkommener nach dem Zugmeldeverfahren ab. Nur bei eigentlichen Betriebsstörungen hat man auf das frühere Verfahren zurückzugreifen. Auch in aufserordentlichen Fällen, namentlich in Kriegszeiten, wenn — im eigenen oder in Feindesland — nicht mehr nach einem bestimmten Plane gefahren werden kann, wird der Lauf der Züge einer Strecke von einer Stelle aus zu regeln sein.

C. Locomotivdienst.

Bei den americanischen Bahnen werden die Locomotiven zum Zweck ihrer besseren Ausnutzung meist mehrfach besetzt. Auf einigen Schnellzugslinien findet sich sogar vierfache Besetzung, wodurch Monatsleistungen bis zu 24000 km erzielt werden. Das System erfordert eine vollständige Trennung des Fahrdienstes von der Unterhaltung der Locomotive. Der Führer hat sich bei Antritt der Fahrt von dem betriebsfähigen Zustande der Locomotive zu überzeugen, die nöthigen Vorräthe einzunehmen und bei der Beendigung der Fahrt etwaige Mängel zu melden; im übrigen versieht er nur den reinen Fahrdienst. Die Reinigung der Locomotiven, ihre Erhaltung in betriebsfähigem Zustande, die Ueberführung in die Reparatur-Werkstätten liegt besonderen Beamten ob.

Mehrfache Locomotivbesetzung ist übrigens auch in Deutschland in den letzten Jahren von verschiedenen Verwaltungen, zumeist mit gutem Erfolge, eingeführt worden. Das System wird bei uns ohne Zweifel, namentlich auch im Verschubdienste noch weiter ausgebildet werden.

Die Ausübung des Dienstes wird dem Locomotivpersonal thunlichst erleichtert. Auf den Führerständen finden sich Sitzgelegenheiten, die durch ihre Bequemlichkeit hin und wieder geradezu überraschen. Auch in Deutschland ist die früher allgemein gültige Vorschrift, dafs der Führer den Dienst stehend zu verrichten habe, von den meisten Bahnverwaltungen aufser Kraft gesetzt worden; die Sitzgelegenheit, die dem Personal geboten wird, ist aber wesentlich einfacher als in America.

D. Verschubdienst.

Zum Verschieben der Züge wird vielfach der „Pushbeam" verwendet, ein an der Kopfschwelle der Verschublocomotive befindlicher beweglicher Baum, mittels dessen die Wagen angeschoben und nach Bedarf beschleunigt werden. Die Locomotive bewegt sich dabei auf einem dem Aufstellgleis parallelen Gleise. Mit dem Verfahren soll auf einigen gröfseren Bahnhöfen viermal so viel geleistet werden als früher mit dem gewöhnlichen Abstofsen, doch ist bei so lebhaftem Betriebe neben der abstofsenden eine zweite Locomotive vorhanden, die den Zug vordrückt. Auch ist es nothwendig, dafs das Bremspersonal von einer dieser Locomotiven oder von einer dritten, zu diesem Zweck eigens in den Dienst gestellten Locomotive von Zeit zu Zeit zurückgeholt wird. In Fällen, wo auf rasche Abwicklung des Verschubgeschäftes besonderer Werth zu legen ist, wird die Zusammensetzung der Züge der Verschubstation vorher telegraphisch angezeigt, sodafs die Weichensteller schon vor Ankunft eines Zuges darüber unterrichtet sind, in welche Gleise die einzelnen Wagen und Wagengruppen einzulaufen haben. In Deutschland sind in neuerer Zeit auf Linien mit schwachem Verkehr und wenig Personal Versuche mit Stangen zum Schieben und Ziehen gemacht worden, die jedoch zu einer umfänglichen Verwendung noch nicht geführt haben. Man sollte die Versuche weiter ausdehnen, denn wenn das Verschieben mit der Schubstange auch nicht so vollkommen ist wie das Ablaufen auf geneigter Ebene, so ist es doch dem Verschieben durch Vor- und Zurückfahren bedeutend überlegen und kann, wenn neben dem Ausziehgleis ein Parallelgleis vorhanden ist, ohne besondere bauliche Einrichtungen angewendet werden.

E. Abfertigungsdienst.

An Orten von einiger Bedeutung sind die Fahrkarten nicht nur am Bahnschalter, sondern auch bei zahlreichen Agenten zu haben. Es ist unter Umständen gewifs eine Annehmlichkeit, sich die Karte schon vor Antritt der Reise kaufen zu können. In grofsen Städten, wo neben den Agenten der Bahngesellschaften auch Privatleute aus dem Handel mit Fahrkarten eine Erwerbsquelle machen, wird das mit den Verhältnissen nicht vertraute Publicum aber nicht selten übervortheilt. Auch in einigen unserer gröfseren Städte finden sich Verkaufsstellen für Eisenbahnfahrkarten aufserhalb der Bahnhöfe. Wo ein Bedürfnifs dafür vorliegt, werden diese Einrichtungen erweitert werden; zu allgemeiner Einführung liegt ein Anlafs nicht vor.

Die americanische Art der Gepäckabfertigung ist von deutschen Reisenden nicht selten als nachahmenswerth bezeichnet worden. Eine mit einer Nummer und der Bestimmungsstation versehene Blechmarke wird mittels eines Riemens an das Gepäckstück gehängt, der Reisende erhält eine ähnliche Marke (Chec), die die gleiche Nummer trägt. Dafs dies schneller geht als Schreiben und Kleben, unterliegt keinem Zweifel, aber Voraussetzung ist die gröfsere Gepäckfreiheit, die auf den americanischen Bahnen gewährt wird. Führt ein Reisender mehr als 150 Pfund Gepäck mit sich, so wird auch drüben gerechnet und geschrieben. Die deutschen Eisenbahnen würden auf die Einnahmen, die sie aus dem Gepäckverkehr beziehen, nicht ohne weiteres verzichten können; sie müfsten anderweit Deckung suchen, vermuthlich durch eine Erhöhung der Personenfahrgelder, die jetzt niedriger sind als in America. Dafs

diese Mafsregel populär sein würde, mufs bezweifelt werden. Gegen Gepäck-Verschleppungen gewährt das americanische Verfahren keinen gröfseren Schutz als das unsrige; aus der Mittheilung einer Reihe von übeln Erfahrungen, die die Commissare selbst gemacht, könnte eher geschlossen werden, dafs die Pünktlichkeit bei uns gröfser sei.

Eine andere americanische Einrichtung ist die Besorgung des Reisegepäcks nach und von der Eisenbahn durch die Exprefs-Compagnien. Die Einrichtung hat bei den meist sehr hohen Preisen der Cabs und Hansoms ihr angenehmes; aber auch die Taxen der Exprefs sind nicht niedrig, und oft mufs man recht lange warten, bis das Gepäck in der Wohnung ankommt. Aehnliche Einrichtungen bestehen vereinzelt auch in Deutschland. Zu einer Verallgemeinerung liegt aber bei unserem meist gut ausgebildeten Droschkenwesen kein Bedürfnifs vor.

Der Güterverkehr wickelt sich im grofsen und ganzen in derselben Weise ab wie in Deutschland. Die Begleitpapiere sind etwas weniger umfangreich als die unsrigen. Von einer näheren Mittheilung darüber wird abgesehen, da es sich für uns nicht darum handeln kann, unsere zum Theil auf gesetzlichen Vorschriften und internationalen Vereinbarungen beruhenden Einrichtungen abzuändern.

Im Stückgutverkehr werden auch die americanischen Wagen schlecht ausgenutzt, weil das zeitraubende Umladen aus Wettbewerbsrücksichten thunlichst vermieden und deshalb eine grofse Anzahl von Curswagen eingestellt werden mufs.

F. Sonntagsruhe.

Die Sonntagsruhe im americanischen Eisenbahndienste wird verschieden gehandhabt, im allgemeinen aber nicht so streng gehalten, wie man bei uns anzunehmen pflegt. In den Bureaus, den Güterabfertigungsstellen, den Werkstätten wird sonntags nicht gearbeitet, ja schon am Sonnabend Nachmittag der Dienst erheblich eingeschränkt. Im Personenverkehr fällt meist eine gröfsere Zahl von Localzügen aus, wogegen die Fernzüge in der Regel auch sonntags gefahren werden. Ebenso erleiden die Güterzüge, die den Durchgangsverkehr vermitteln und über grofse Strecken laufen, keine Unterbrechung, während die mehr dem Localverkehr dienenden Güterzüge sonntags eingestellt werden.

Ihren Abschlufs fanden die Besprechungen in der gemeinschaftlichen Besichtigung einiger Güterwagen, die von der Königlichen Eisenbahn-Direction in Erfurt mit einer americanischen selbstthätigen Kupplung ausgerüstet waren. An diesen Wagen sind die gewöhnlichen seitlichen Buffer beibehalten, aber soweit gekürzt, dafs sie erst in Wirksamkeit treten, wenn die Feder der Kupplung auf ein gewisses Mafs zusammengedrückt ist. Die Wagen sind von Erfurt nach Berlin mit Personenzuggeschwindigkeit ohne jede Störung befördert worden, was zu dem Schlusse berechtigt, dafs eine auf americanischem Princip beruhende Kupplung bei uns nach und nach eingeführt werden könnte. Allerdings müfste dabei die Vorschrift der Betriebsordnung, dafs sich die Fahrzeuge in doppelter, von einander unabhängiger Weise müssen verbinden lassen, aufser Kraft gesetzt werden.

Entwicklung der Hafenabgaben und des Lotsenwesens, sowie über Schiffsvermessung in den hinterpommerschen Häfen (Colbergermünde, Rügenwaldermünde und Stolpmünde).

Der Umstand, dafs in früheren Zeiten die Ostseehäfen den betreffenden Städten gehörten, der Staat gar keinen oder doch nur geringen Einflufs auf die Entwicklung derselben hatte, ist Veranlassung gewesen, dafs die Hafenverwaltung, die Hafenabgaben und das Lotsenwesen in den einzelnen Häfen im Laufe der Jahrhunderte ganz verschieden sich gestaltet hat. Diese Verschiedenheit bestand bis zum Jahre 1840, sie konnte erst beseitigt werden, nachdem der Staat die einzelnen Häfen als Staatsanstalten in sein Eigenthum und in eigne Verwaltung übernommen hatte.

In Colberg*) war die Unterhaltung des Hafens den Hafenherren und im besonderen dem Hafenprovisor unterstellt. Zu den Obliegenheiten des letzteren gehörte die Sorge für die bauliche Instandhaltung des Hafens insoweit die Hafeneinkünfte dazu ausreichten, er hatte die von den ein- und ausgehenden Schiffen, Waren und Gütern zu erhebenden Hafengefälle zu berechnen und die Hafenbaukasse zu führen. Das gesamte Schiffahrtswesen stand unter der Fürsorge der Aeltesten des Seglerhauses; als Beamte hierbei dienten der Schiffsmakler, der Münder-Vogt, und zwar in seinem Amt als Lotsencommandeur, der Seelotse und der Hafenpedell, dem zugleich unter dem Hafenprovisor die Aufsicht über die Hafenanlagen oblag. Der Schiffsmakler hatte unter anderem auch das Einziehen und Abliefern der von dem Hafenprovisor berechneten Hafenabgaben an die Hafenkasse zu besorgen. Der Vogt und der Pedell hatten Dienstwohnung, ersterer in dem Vogteihause, dem jetzigen Hafenbauinspectionsgebäude, letzterer in dem Pedellhause, dem jetzigen Hafenbaubureau. In früheren Zeiten schon waren durch besondere Ordnungen die Dienstobliegenheiten dieser Beamten, ebenso die von den Schiffen für die Benutzung der Hafenanlagen und für sonstige Hülfsleistungen zu zahlenden Abgaben geregelt. Die den Schiffen gewährte Hülfe bestand darin, dafs der Seelotse in einem von Ruderern bedienten Boote den Schiffen entgegenfuhr, ihnen, falls sie nicht in den Hafen einlaufen wollten oder konnten, den Ankerplatz auf der Reede anwies, andernfalls sie aber in den Hafen einlotste und sie am Bohlwerke anlegte. Das Einführen der Schiffe in den Hafen und ebenso das Hinausbringen derselben auf die Reede geschah entweder mit Hülfe der Segel, oder bei widrigem Winde durch Bugsiren oder Warpen. Hatte das ankommende Schiff die Hafendämme erreicht, so wurde ihm vom dort liegenden Boote die Hafenleine gereicht und es dann an derselben durch Mannschaf-

*) Entnommen aus dem vortrefflichen Werke: Geschichte von Colberg von Riemann.

ten auf dem Hafendamm in den Hafen hineingezogen. Lag eine Sandbank vor der Hafenmündung, über welche das Schiff nicht hinüberschwimmen konnte, so wurde das Schiff, falls sein Tiefgang nicht zu grofs war, mittels der auf dem Hafendamm stehenden Winde über die Untiefe hinweggezogen.

Wie bei vielen deutschen Seehäfen die an der Mündung des Hafens belegene Ortschaft kurzweg mit dem Namen „Münde" bezeichnet wird, so führte auch hier schon um das Jahr 1000 der Ort auf der Ostseite der Persantemündung den Namen „die Münde". Da die Bewohner von alters her hauptsächlich Fischer, Schiffer und Bootsleute waren, so folgte ganz von selbst, dafs sie sich sämtlich zur Verrichtung der Lotsendienste eigneten, und so hatte sich die Verpflichtung herausgebildet, dafs jede auf der Münde vorhandene Fischerei eine Person zur Verrichtung der Dienste als Ruderer beim Aus- und Einbringen der Schiffe stellen mufste, während die Schiffer und Bootsleute zur Hülfeleistung der Schiffe am Bohlwerk bereit sein mufsten. Da dieser Verpflichtung aber nach und nach immer saumseliger nachgekommen wurde, so sah der Rath von Colberg sich genöthigt, die alte Ordnung einer Durchsicht zu unterziehen und unter dem 19. August 1696 eine neue Lotsenordnung zu erlassen, die unter dem 14. August 1717 als Reglement für den Magistrat von Colberg von König Friedrich Wilhelm genehmigt wurde. (Eine Niederschrift derselben befindet sich in Kundenreich Collectania S. 134 auf dem Magistratsarchiv in Colberg.)

Diese Verordnung enthält in 30 Paragraphen Vorschriften über das Lotsenwesen und über die zu entrichtenden Lotsengebühren, deren für die Kenntnifs der damaligen Verhältnisse wesentlichste Bestimmungen folgende sind: Es werden die den Münder Einwohnern von alters her obliegenden Verpflichtungen zur Gestellung von Mannschaften von neuem eingeschärft. Wenn ein Schiff bei Unwetter einlaufen will, hat der Pedell die Leute nach dem Bohlwerk zur Hülfeleistung zusammenzurufen, der Münder-Vogt mufs hierbei zugegen sein und auf Ordnung halten. Der Lotse soll die Reede fleifsig untersuchen und den Schiffern die Tiefe auf derselben angeben. Die Schiffer selbst aber sollen dem Lotsen den Tiefgang ihres Schiffes und ob dasselbe einen hängenden oder geraden Kiel hat, angeben. Der Lotse mit seinen Leuten ist dem Münder-Vogt unterstellt, er soll mit den andern Fischern am Bohlwerk anwesend sein. Schiffe, welche ausgehen wollen, sollen sich zeitig, wenigstens abends vorher, bei dem Vogt und dem Lotsen melden. Die Höhe der zu zahlenden Lotsengebühren richtet sich theils nach der Beschaffenheit des Wetters, theils nach der Gröfse des Schiffes, theils nach der Entfernung vom Hafen, indem hierbei die Binnenreede von der Aufsenreede unterschieden wird. Erstere geht bis 10 Kabellängen in See hinein, letztere ist bis 1 Meile vom Lande entfernt. Gebühren werden gezahlt: für das Ein- und Ausbringen der Schiffe durch den Lotsen, für das Festlegen des Schiffes an das Bohlwerk, für das Einwinden, Einziehen, für das Einbezw. Ausbugsiren mit oder ohne Wurfanker, für das Abwinden des Schiffes, wenn es grundfest geworden, für das Hinüberziehen desselben über eine Sandbank mittels des Hafentaues von der Winde auf dem Hafendamm, oder mittels eines Ankertaues von der Ankerwinde. Bemerkenswerth sind die Abgaben für diese zuletzt genannten Hülfeleistungen; sie zeigen, welchen Schwierigkeiten in früheren Zeiten das Ein- und Auslaufen der Schiffe ausgesetzt waren. Die Abgaben richteten sich hierbei nicht allein nach der Gröfse der Schiffe, sondern auch nach der Tiefe, welche das Schiff mit seinem Kiel beim Ueberziehen über die Sandbank einschneidet. Es bezahlt z. B. ein Schiff von 20 bis 30 Last Gröfse 1 oder 2 Thaler, je nachdem es $^1/_2$ oder 1 Fufs tief in die Sandbank einschneidet. Schiffe von 40 bis 60 Last Gröfse zahlen in den erwähnten Fällen $1^1/_2$ bis $2^1/_2$ Thaler. Bei noch gröfseren Schiffen entscheidet über die Höhe der Abgabe der Vogt oder der Hafenherr. Damit eine gleichmäfsige Vertheilung der Gelder unter die Fischer stattfinde, soll das Lotsen- und Bohlwerksgeld in eine Sparbüchse gethan und von Zeit zu Zeit gleichmäfsig vertheilt werden. Der Münder-Vogt, ebenso der Pedell erhält von jedem auslaufenden Schiffe je nach der Gröfse desselben eine bestimmte Gebühr. Dem Lotsen sind seine Gebühren von dem Schiffer sogleich oder spätestens den folgenden Tag nach dem Einbringen des Schiffes in den Hafen zu entrichten, will aber das Schiff ausgehen, sogleich bei der Anzeige hierüber oder spätestens bei dem Ausbringen des Schiffes. — Auch über das Verhalten des Schiffes im Hafen bestehen Vorschriften. Jedes einkommende Schiff hat sich sogleich bei dem Licent und bei dem Provisor zu melden und den Pafs vorzulegen. Der Vogt und die Piloten haben den Schiffer hierauf aufmerksam zu machen. Bevor die Waren gelöscht oder geladen werden, ist dem rathenden Provisor ein genaues Verzeichnifs derselben mitzutheilen. Ohne Freizettel (d. h. Nachweis, dafs alle Gebühren bezahlt sind) soll kein Schiff ausgehen. In den Häusern der Münde sollen keine Güter niedergelegt werden. Bezüglich der sonstigen Beamten sind ebenfalls Anweisungen vorhanden. Die Korn- und Salzmesser erhalten bestimmte Gebühren. Weder der Münder-Vogt, noch der Salzmesser, noch der Pedell, noch sonst jemand darf Salz annehmen oder fordern. Der Salzschreiber, dem auch bestimmte Gebühren zustehen, darf niemandem Salz zumessen lassen, der nicht die Sülzen-Gerechtigkeit besitzt. (Schon lange vor dem Anfang unseres Jahrtausends wurde bei Colberg aus den Soolquellen auf den beiden Ufern der Persante Salz gesotten und zu Lande und zu Wasser in ferne Gegenden verschickt. Auf den Soolquellen und dem Seehafen beruht von alters her der Wohlstand und die Bedeutung von Colberg, und wenn auch mit dem Abbruch der Gradirwerke im Jahre 1860 die Saline eingegangen ist, so wird die noch immer aus der Erde hervorsprudelnde oder in neuerer Zeit an vielen Stellen erbohrte Soole zur Bereitung von heilkräftigen Soolbädern benutzt und verschafft Colberg als Badeort den grofsen Vorzug, dafs hier See- und natürliche Soolbäder zugleich geboten werden.) Es ist auch das Ausschiffen gewisser Waren ohne Erlaubnifs des Rathes verboten, z. B. Masten, Hopfen, Zinn, Kupfer, Federn, Butter, Hammel, Ochsen, Felle usw. — Der Münder-Vogt hat die Stellen anzugeben, wo Ballast gelöscht oder geladen werden soll. Der Vogt, der Pedell und der Zimmermeister sollen alle acht Tage die Münder Vogtei und die Hafenbohlwerke besichtigen und etwaige Schäden rechtzeitig anzeigen. Auch soll der Vogt fleifsig Aufsicht über die Hafenarbeitsleute

üben. — Interessant ist auch eine Bestimmung in dem Reglement über Hafen-Schiffsbaugelder. Will ein Colberger Bürger ein Schiff im Hafen erbauen, so soll er, bevor der Kiel gelegt wird, einen körperlichen Eid leisten, daſs das Schiff sechs Jahre lang bei der Stadt verbleiben und nicht veräuſsert werde. An Hafen-Schiffsbaugeldern waren zu entrichten: von 80 bis 100 Lasten 6 Thaler 24 Sgr., von 50 bis 70 Lasten 4 Thaler, unter 50 Lasten 2 bis 3 Thaler. Jährlich zweimal sollte der Münder-Vogt den Fischern das Reglement vorlesen.

Dieses Reglement blieb bis zum Jahre 1745 in Geltung, dann wurde mit Königlicher Genehmigung ein neuer Lotsentarif erlassen, der jedoch wegen Unvollständigkeit bald auſser Anwendung kam, vielmehr wurden die Gebühren ziemlich willkürlich nach Anordnung des Seglerhauses erhoben. Dies veranlaſste den Magistrat im Jahre 1820 einen andern Tarif zu entwerfen, der zwar nicht genehmigt ist, nach dem aber die Gebühren erhoben wurden. Derselbe enthält in 48 Nummern die Gebührensätze, welche von fremden sowie von preuſsischen und privilegirten Schiffen und auch von Booten zu entrichten sind, und zerfällt in folgende acht Abtheilungen. A. Schiffs-Voye (Voye bedeutet hier die Ein- und Ausfahrt des Lotsenbootes). Häufig versteht man unter der Voye ein von dem Schiffer dem Lotsen beim Ein- oder Ausbringen des Schiffes verabreichtes Geschenk. Der Lotse bringt dem Schiffer das erste Willkommen und den letzten Abschiedsgruſs vom Festlande, und bei dieser Gelegenheit wird die Voye gegeben. Die Schiffsvoye ist von der Gröſse des Schiffes unabhängig, sie ist eine einfache, wenn das Lotsenbot mit 4 Mann, eine doppelte, wenn es mit 8 Mann besetzt ist, wird noch ein zweites Boot gebraucht, so ist es eine Nebenvoye usw. (Jetzt ist das Annehmen der Voye untersagt.) B. Hafenleine. Die Lotsen sind verpflichtet, beim Einlaufen des Schiffes entweder in dem an der Spitzkiste liegenden Boote oder auf dem Hafendamm die Leine zum Einziehen des Schiffes bereit zu halten. C. Lotsen-Commandeur-Voye, D. Lotsenvoye, E. Pedellvoye. Hierfür sind bestimmte Gebührensätze festgestellt. F. Bohlwerksgeld wird nur gezahlt, wenn sich anstatt der Lotsen andere Einwohner der Münde am Hafen einfinden und auf Verlangen des Schiffers das Schiff einziehen. Das Geld wird dann sofort unter die Hülfsmannschaft vertheilt. G. die Reedefracht. Sie bezieht sich auf das Laden und Löschen auf der Reede mittels der Leichterfahrzeuge. Hierfür ist keine besondere Gebühr festgesetzt, da es jedem Schiffer überlassen ist, sich die nöthigen Frachtboote zu miethen. H. Küstenfahrer. Diese zahlen an die beiden ältesten Lotsenruderer eine besondere Gebühr. — Auſser diesem bestand noch ein nur acht Paragraphen enthaltendes Reglement über das Verhalten der Schiffer im Hafen vom 21. August 1821; es war von den Aeltesten des Seglerhauses absichtlich sehr kurz abgefaſst.

In dem Hafen von Rügenwaldermünde bestanden zwar Statuten vom 12. März 1662, aber eine Lotsenordnung enthielten sie nicht, weil eigentliche angestellte Lotsen nicht vorhanden waren, vielmehr wurde der Lotsendienst von den Bewohnern der Münde der Reihe nach versehen. Für die Verwaltung und Unterhaltung des Hafens bestand eine (städtische) Hafen-Commission, zu welcher auch stets zwei Mitglieder der Kaufmannschaft in Rügenwalde gehörten. Am 12. Februar 1770 wurde von der Königlichen Kammer in Stettin ein Reglement bestätigt, welches Vorschriften über das Verhalten der Einwohner der Münde und einen Lotsentarif enthielt. Die Sätze in demselben waren aber sehr unbestimmt und niedrig, sodaſs sie nicht angewendet wurden, vielmehr wurden die Gebühren, wie es scheint, ganz nach Willkür erhoben. Im September 1827 wurde von dem Magistrat der Entwurf eines Tarifs für die Hafenabgaben aufgestellt; derselbe ist zwar nicht bestätigt, doch aber ist nach ihm erhoben worden.

In dem Hafen von Stolpmünde wurden die Hafenabgaben nach einem Tarif vom Jahre 1691 erhoben, der ein Chaos von Sätzen enthielt, nach welchen von jeder einzelnen Ware eine besondere Schiffsabgabe, bald nach Pfunden, bald nach Stücken oder nach dem Werthe entrichtet werden muſste, sodaſs die Erhebung der Schiffslastgelder mit den gröſsten Schwierig- und Weitläufigkeiten sowohl für den Schiffer, als auch für die Behörde, verbunden war. Da der Hafen mit der Zeit sehr verflachte, und die Schiffe nicht einlaufen konnten, sondern auf der Reede löschen und laden muſsten, so wurde vom Jahre 1752 ab nur die Hälfte der Tarifsätze von 1691 erhoben, wobei überdies ziemlich willkürlich verfahren wurde. Dies veranlaſste den Magistrat, unter dem 29. Juni 1819 einen neuen Tarif mit Lotsenordnung aufzustellen, nach welchem, obgleich er nicht genehmigt ist, die eigentlichen Lotsengebühren nach der Gröſse der Schiffe bezahlt wurden.

In den altpreuſsischen Häfen fand den pommerschen Häfen gegenüber eine einfachere Erhebungsart statt, nämlich nur nach der Gröſse und nach der Art der Beladung, ob mit Waren oder mit Ballast. In Pillau zahlte jedes Schiff ohne Unterschied der Nation für die Commerzlast (= der Amsterdamer Last = dem Gewicht von $56^1/_2$ Berliner Scheffel = 4520 Berliner Pfund) beim Einlaufen und ebenso beim Auslaufen $^8/_{15}$ Thaler, wenn es Ballast hatte, die Hälfte hiervon. Fremde Schiffe zahlten auſserdem noch $^1/_6$ Thaler, sogenanntes Flaggengeld. In Königsberg waren die Sätze $^1/_5$ bezw. $^1/_{10}$ Thaler, ohne Unterschied, ob es sich um fremde oder um einheimische Schiffe handelte. Man hielt dies für zweckmäſsig, weil so der Verkehr mit fremden Nationen nicht erschwert wurde.

Diese, übrigens auch noch in anderen Ostseehäfen vorhandene, ungleichmäſsige Gestaltung der Hafentarife und der Lotsenordnungen war für das Schiffahrt treibende Publicum im höchsten Grade lästig, und es wurde zu Anfang unseres Jahrhunderts aus fast allen Häfen der Monarchie der Wunsch nach Beseitigung dieser Uebelstände ausgesprochen. Seitens der Staatsregierung wurden die einzelnen Hafenstädte veranlaſst, Entwürfe zu neuen Tarifen aufzustellen. Dabei sollte auf ein gleichmäſsiges Muster und, wenn irgend angängig, auch auf eine gleichmäſsige Normirung und Abstufung der einzelnen Tarifsätze Bedacht genommen und namentlich folgende Gesichtspunkte beachtet werden: a) Schiffe, welche nur die Reede besuchen, also die eigentlichen Hafenanstalten nicht benutzen. Diese würden nur zu theilweisen Hafenabgaben heranzuziehen sein. b) Nothhafener. Diesen würde ein Theil der Hafenabgaben zu erlassen sein. c) Fracht-

suchende Schiffe. d) Bestimmungen über die Abgaben hinsichtlich des Umfanges der Belastung der Schiffe, d. h. von welchem Mafse der Belastung die volle Abgabe zu zahlen ist; ob, wie es mehrfach vorgeschlagen, ein Schiff, welches noch nicht $^1/_4$ seiner Ladungsfähigkeit eingenommen hat, als beballastetes anzusehen ist, oder ob, wie es in einigen Häfen der Fall ist, Schiffe mit mehr als 5 Last die volle Abgabe zahlen sollen. e) Behandlung der einheimischen und ausländischen Schiffe. Hierin bestanden in den einzelnen Häfen sehr grofse Ungleichmäfsigkeiten. f) Erhebungsweise, ob die Abgaben beim Eingehen oder Ausgehen der Schiffe zu zahlen sind. g) Befreiung der Schiffe von Abgaben. h) Vereinigung der Lotsengebühren und der allgemeinen Hafenabgaben zu einer einzigen Abgabe, und zwar ähnlich wie bei den preufsischen Häfen allein nur nach der Ladungsfähigkeit der Schiffe. i) Anstellung der Lotsen auf feste Besoldung. k) Nebenabgaben z. B. für Kielholen. Die Tarifsätze sollten so normirt werden, dafs dafür die Hafenanlagen unterhalten werden konnten, anderseits sollten sie aber auch nicht zu hoch sich stellen, dafs Handel und Schiffahrt nicht darunter leide. — In den hinterpommerschen Häfen wurde von den Schiffen auch ein Armengeld zum besten der städtischen Armen erhoben. Diese sehr alte Einrichtung diente früher zur Unterstützung fremder erkrankter oder sonst nothleidender Schiffsleute. Das Armengeld sollte nunmehr abgeschafft werden, weil es jedenfalls unpassend erschien, von Fremden eine Abgabe zum besten städtischer Anstalten zu erheben.

Es lag auf der Hand, dafs alle Bemühungen zur Erreichung des gewünschten Zieles erfolglos bleiben mufsten, so lange die Häfen im Besitz der einzelnen Städte verblieben; erst nachdem sie übergeben waren, was bei den hinterpommerschen Häfen in den 30er Jahren geschah, konnten nach jeder Richtung hin einheitliche Anordnungen getroffen werden. Zunächst sollten in den hinterpommerschen Häfen zur Abstellung des bisherigen Lotsenunwesens und zur Einführung eines geordneten Lotsenwesens qualificirte Leute angestellt werden, und zwar in jedem Hafen ein Oberlotse mit 250 Thaler Gehalt, zwei Seelotsen mit zusammen 168 Thaler Gehalt, aufserdem waren für Hülfsruderer 120 Thaler angesetzt. Die Gewährung dieser Gelder aus der Staatskasse wurde jedoch nicht genehmigt, vielmehr sollten dieselben von den Schiffen als Lotsengeld neben den übrigen Hafenabgaben aufgebracht werden. Hiergegen wurden wichtige Bedenken erhoben. Die Schiffahrt war nicht imstande, neben den sonstigen Abgaben auch noch die Lotsengelder zu entrichten. Es erschien deshalb nothwendig, dafs der Staat bei einem angemessen niedrig gestellten Lotsentarif einen Theil der Kosten des Lotsenwesens selbst übernehme, zumal er bereit war, im allgemeinen Interesse der Schiffahrt und des Handels die bedeutenden Kosten der Instandsetzung und Unterhaltung der Häfen, die ohnehin nicht durch die Hafeneinnahmen gedeckt werden konnten, zu übernehmen. — Die Verkehrs- und sonstigen Verhältnisse in den einzelnen Häfen, die bei Aufstellung eines Tarifes nicht unberücksichtigt bleiben konnten, ergeben sich aus folgenden Ermittelungen: In den Jahren 1831 bis 1836 betrug der Verkehr an ein- und ausgehenden Schiffen und Booten durchschnittlich für das Jahr:

Bezeichnung des Hafens	Anzahl der ein- und ausgehenden Schiffe	Gesamtzahl der Gröfse an Lasten zu 4000 Pfund Tragbarkeit	Davon beladen		Mit Ballast		Anzahl der Boote
			Eingang	Ausgang	Eingang	Ausgang	
			Lasten		Lasten		
Colberg	184	6818	773	2586	2675	784	57
Rügenwalderm.	157	5681	787	2239	2001	654	166
Stolpmünde . .	154	3840	1403	974	513	950	57

An Bau- und Unterhaltungskosten sind von den Städten jährlich im Durchschnitt verwendet worden: in Colberg in den Jahren 1776 bis 1806 = 1500 Thaler, von 1830 bis 1835 = 1403 Thaler; in Rügenwaldermünde von 1816 bis 1821 = 1293 Thaler, von 1831 bis 1836 = 839 Thaler; in Stolpmünde von 1794 bis 1818 = 271 Thaler, während dieser Zeit gehörte der gröfste Theil der linken Seite des Hafens dem Staate, von 1827 bis 1832 = 679 Thaler. An Zöllen waren in den sechs Jahren von 1831 bis 1836 durchschnittlich für das Jahr eingegangen: in Colberg 12 880 Thaler, in Rügenwaldermünde 5937 Thaler, in Stolpmünde 15 553 Thaler.

Nachdem nun die Häfen in das Eigenthum des Staates übergegangen waren, erschien zunächst der Allerhöchste Erlafs vom 24. October 1840, betreffend die Hafentarife für die pommerschen Häfen und Binnengewässer, nämlich: a) Hafengeldtarif für Swinemünde und Abgaben für das Befahren der Peene, Swine, Dievenow und des grofsen und des kleinen Haffes. b) Hafengeldtarif für Stralsund, c) für Greifswald, d) für Wolgast, e) für Barth, f) Tarif des in Stralsund, Wolgast und Greifswald zu erhebenden Tiefgeldes, g) Tarif für die Gebühren der Lotsen in den Gewässern zwischen Pommern und Rügen, h) desgleichen auf den Binnengewässern zwischen Stettin und den Mündungen der Swine und Peene, i) Hafengeldtarif für Colbergermünde mit Anhang, enthaltend Abgaben für besondere Anstalten, k) desgleichen für Stolpmünde und l) desgleichen für Rügenwaldermünde. — Die drei letzten Tarife, also für die hinterpommerschen Häfen, stimmen miteinander überein und enthalten unter A. das Hafengeld und in einem Anhange unter B. Winterlagegeld, C. Krahngeld, D. Lotsengebühren und aufserdem für den Hafen Rügenwaldermünde E. Brückengeld.

Das Hafengeld (A) wird nach der Gröfse des Schiffes (Schiffslast) und nach der Art der Beladung, ob mit Waren oder mit Ballast, bezahlt und zwar sowohl beim Eingange als auch beim Ausgange. Es beträgt für jede Schiffslast mit Waren beladen 10 Silbergroschen, in Ballast 5 Silbergroschen. Das Winterlagegeld (B) wird von den im Winterhafen überwinternden Schiffen bezahlt. Krahngeld (C) wird für die Benutzung des hölzernen, den Zwecken des Hafenbaues dienenden Krahnes entrichtet. Hiervon wird nur wenig Gebrauch gemacht, da die Schiffe ihr eignes Hebezeug gebrauchen. Lotsengebühren (D). Für das Ein- und Ausbringen der Schiffe in den Hafen und auf die Reede durch die Lotsen werden keine Gebühren erhoben, da dieselben bereits in dem Hafengeld mit einbegriffen sind. Nur für besondere, auf Verlangen des Schiffers geleistete Dienste werden Gebühren erhoben, nämlich: für Bugsiren, Warpen, Einwinden, Einziehen, Bergen von Ankern, für eine besondere

Fahrt mit einem Boote aus dem Hafen nach dem draufsen liegenden Schiff, für Begleitung eines Schiffes über die Reede hinaus, sofern der Lotse ohne Schuld länger als 24 Stunden auf dem Schiffe verweilen mufs. In Rügenwaldermünde wird Brückengeld für das Oeffnen der Portalbrücke erhoben.

In der Absicht, auf eine Belebung der Küstenschiffahrt in der Ostsee hinzuwirken, wurde durch Allerhöchsten Erlafs vom 30. Mai 1843 den Seeschiffen von 25 Last Tragfähigkeit und weniger bei Entrichtung gewisser Hafenabgaben eine Ermäfsigung bis auf den dritten Theil des tarifmäfsigen Betrages bewilligt. Diese Bevorzugung hat jedoch zu manchen Beschwerden Veranlassung gegeben. — Um den Ertrag aus den Schiffahrts- und Hafenabgaben stets in Uebereinstimmung zu bringen mit den Unterhaltungskosten, welche die Häfen und Wasserstrafsen erfordern, sollten die Tarife vom Jahre 1840 alle fünf Jahre einer Revision unterworfen werden. Auf Grund dieser Tarife waren in den sechs Jahren von 1841 bis 1846 durchschnittlich im Jahre aufgekommen:

Bezeichnung des Hafens	Hafengeld Thaler	Winterlagegeld Thaler	Brückengeld Thaler
Colbergermünde	2213	22	—
Rügenwaldermünde . . .	2466	32	29
Stolpmünde	1528	14	—

Von vielen Seiten war der Wunsch nach Erleichterung des in den Provinzen Preufsen und Pommern bestehenden Lotsenzwanges ausgesprochen. Von der Verpflichtung zur Annahme eines Lotsen beim Ein- und Ausgange waren nämlich nur diejenigen Schiffe befreit, welche lediglich der Küstenschiffahrt dienen und eine Gröfse von 15 Last und darunter besafsen, und eine allgemeine Regelung dieser Sache liefs sich wegen der örtlichen Verschiedenheiten in den einzelnen Häfen nicht vornehmen. Deshalb wurden durch Gesetz vom 9. März 1853 die Bezirksregierungen in Preufsen und Pommern ermächtigt, durch polizeiliche Verordnungen festzustellen, in welchen Fällen der Schiffer sich eines Lotsen bedienen müsse. In den hinterpommerschen Häfen wurde eine Erleichterung des Lotsenzwanges nicht eingeführt, weil in ihnen die Tiefen sowie die Richtung der nur schmalen Eingangsfahrwasser und die Küstenströmung je nach dem Wechsel des Windes und des Wetters zu sehr und zu häufig der Veränderung unterworfen sind, wovon der Schiffer des ankommenden Schiffes keine Kenntnifs haben kann und daher der Hülfe eines Lotsen, der mit diesen Verhältnissen vertraut sein mufs, unbedingt bedarf, um Schiff und Mannschaft vor Unglücksfällen zu schützen, Beschädigungen der Hafenwerke durch Gegenstofsen zu verhüten und Verkehrsstockungen, welche durch das Sinken von Schiffen im Fahrwasser entstehen können, zu vermeiden. — Wenn auch infolge des vom Staate in Ausführung gebrachten Ausbaues der hinterpommerschen Häfen die Tiefen in dem Eingangsfahrwasser sich allmählich besserten, so mufsten doch häufig noch, wie es bisher geschehen, Schiffe auf der Reede bleiben und dort laden und löschen, zumal der Tiefgang der Schiffe immer gröfser wurde. Aus diesem Grunde wurden vielfach Anträge gestellt, die Hafenabgabe für diese Schiffe zu ermäfsigen. Im Jahre 1860 betrugen die Tiefen im Seegatt in Colberg 13 bis 14 Fufs, daher konnten hier Schiffe von 150 bis 200 Last mit voller Ladung einlaufen; in Rügenwaldermünde dagegen, wo die Tiefen nur $9^1/_2$ bis 10 Fufs betrugen, war dies nur bei Schiffen von 50 bis 60 Last der Fall, in Stolpmünde aber, wo die Tiefe sogar nur $7^1/_2$ Fufs betrug, mufsten die Schiffe überhaupt auf der Reede verbleiben. Deshalb wurde für den Stolpmünder Hafen im Jahre 1862 zunächst auf fünf Jahre eine Erleichterung dahingehend eingeführt, dafs für die auf der Reede löschenden und ladenden Schiffe nur $^1/_3$ der im Tarif vom Jahre 1840 enthaltenen Sätze zu entrichten war. Nach Ablauf der fünf Jahre hatten sich die Verhältnisse so gebessert, dafs keine Veranlassung vorlag, die Vergünstigung des niedrigeren Tarifes von neuem zu bewilligen. — Im Jahre 1863 erfolgte eine Herabsetzung der Hafengebühren für die Häfen von Swinemünde, Colberg, Rügenwaldermünde und Stolpmünde, indem für alle seewärts ein- und ausgehenden Schiffe und Fahrzeuge beladen 8 Silbergroschen, in Ballast 4 Silbergroschen für jede Schiffslast erhoben wurde. Für die Küstenfahrer wurde im Jahre 1868 dieselbe Erleichterung eingeführt.

Infolge der Anweisung zur Vermessung von Seeschiffen vom 21. November 1871, wonach die Gröfse bezw. Ladungsfähigkeit der Schiffe nicht mehr durch das Gewicht (Schiffslasten, Centner), sondern durch Raummafs (Cubikmeter) ausgedrückt wird, war eine Umrechnung der Hafentarife nothwendig geworden und bei dieser Gelegenheit wurde durch Allerhöchsten Erlafs vom 30. December 1874, durch welchen für die fiscalischen Häfen der Provinzen Preufsen, Pommern und Schleswig-Holstein neue Tarife für Verkehrs-Abgaben eingeführt wurden, eine weitere Herabsetzung der Hafenabgaben vorgenommen. Nach diesem Erlafs wurden in den hinterpommerschen Häfen für jedes Cubikmeter Raumgehalt von allen sowohl ein- als ausgehenden Schiffen mit Ladung 10 Pfennige, in Ballast 5 Pfennige erhoben. Unter Raumgehalt ist der nach der Schiffsvermessungs-Ordnung vom 5. Juli 1872 ermittelte Netto-Raumgehalt zu verstehen. Ueberall wo eine Neuvermessung des Schiffes noch nicht vorgenommen werden konnte und daher eine Umrechnung der Tragfähigkeit oder des Ladungsgewichtes auf Raumgehalt erforderlich war, sollten 10 Centner = 1 Cubikmeter Nettoraumgehalt, also eine Schiffslast (40 Centner) = 4 Cubikmeter angenommen werden.

Nachdem durch den Hafentarif von 1840 eine Gleichmäfsigkeit der Hafenabgaben in den einzelnen Häfen eingeführt war, war es nothwendig geworden, für das Verhalten des Schiffers auf der Reede und im Hafen einheitliche Vorschriften zu erlassen. Dies geschah durch die am 29. April 1842 Allerhöchst vollzogene Polizei-Ordnung für die Häfen Colbergermünde, Rügenwaldermünde und Stolpmünde, welche unter anderen folgende Vorschriften enthielt: Wenn das Schiff aus See ankommt und in den Hafen einsegeln will, soll der Schiffer die Nationalflagge aufstecken und den Lotsen erwarten, ohne dessen Hülfe soll er nicht einlaufen. Nur kleinere Fahrzeuge von 15 Last und darunter, welche ausschliefslich zur Küstenschiffahrt dienen, dürfen ohne Annahme eines Lotsen ein- und auslaufen. Im Nothfall kann der Schiffer aber auch ohne Lotsen einlaufen. Wenn heftige Stürme das Entgegenkommen der Lotsen verhindern, das Schiff aber ohne sie in den Hafen eingehen kann, so wird solches dem Schiffer durch Signale von der Ostmole ange-

deutet, dabei wird die Tiefe des Eingangsfahrwassers durch besondere Zeichen kenntlich gemacht, wie auch die von dem einlaufenden Schiffe zu steuernde Richtung durch Winken mit einer Fahne angegeben. Liegen die Verhältnisse so ungünstig, dafs das Schiff gar nicht einsegeln soll, so wird kein Signal gezeigt, der Schiffer mufs dann vor Anker gehen oder die See halten. — Dem Lotsen ist die Einführung des Schiffes in den Hafen zu überlassen. Sollte derselbe hierbei solche Fehler machen, die das Schiff in Gefahr bringen, so steht es dem Schiffsführer frei, mit Uebereinstimmung des Schiffsraths dem Lotsen die Führung abzunehmen. Im Hafen angekommen, mufs der Schiffer an der ihm von dem Oberlotsen im Einverständnifs mit der Steuerbehörde zur Löschung der Ladung angewiesenen Stelle anlegen. Die Flagge mufs aufgezogen werden, wenn der Steuerbeamte zum ersten Mal behufs Revision an Bord kommt. Ballast darf nur an der vom Oberlotsen angewiesenen Stelle ausgeworfen und eingenommen werden. Auf jedem Schiffe mufs eine Wache sein; nur die in Winterlage befindlichen Schiffe dürfen unbemannt bleiben. Will der Schiffer auslaufen, so hat er sich, mit allen Abfertigungsattesten versehen, bei dem Oberlotsen zur Anweisung eines Lotsen zu melden, dieser führt das Schiff hinaus und kehrt auf dem Lotsenboot zurück. — Die Polizei-Ordnung enthält noch weitere Vorschriften bezüglich der Feuersicherheit, des Verkehrs im Hafen usw. Die Uebertretungen der polizeilichen Vorschriften werden mit Geldbufse von 1 bis 50 Thaler bestraft. Diese Polizei-Ordnung ist jetzt noch in Gültigkeit.

Die Organisation des Lotsenwesens beginnt mit dem Jahre 1840 und zwar in Colbergermünde. Hier wird ein Oberlotse gegen 240 Thaler Gehalt und freier Dienstwohnung in dem Pedellhause (jetzigen Baubureau) und ein Lotse gegen 84 Thaler Gehalt fest angestellt. Aufserdem erhalten die beiden Lotsen noch die tarifmäfsigen Lotsengebühren für besondere Dienstleistungen (60 Thaler), wogegen sie die hierzu nöthigen Mannschaften und Geräthe zu stellen haben. Für die Anmiethung von Lotsenruderern sind 200, später 300 Thaler bestimmt. Der Oberlotse hat zugleich die polizeiliche Aufsicht über den Hafen zu führen. Für die bauliche Unterhaltung des Hafens und der dazu gehörigen Anlagen, der Gebäude, Hafenboote und Geräthe, sowie zum Aufeisen des Hafens waren in dem Etat 1500 Thaler ausgeworfen. Die Beaufsichtigung über diese Arbeiten war einem auf Kündigung gegen 300 Thaler Gehalt nebst freier Wohnung in dem bisherigen Vogteihause angestellten Hafenbauschreiber übertragen. Hiernach betrug der erste ordnungsmäfsige Etat für Colbergermünde 2324 Thaler. In ähnlicher Weise erfolgte im Jahre 1841 die Regelung des Lotsenwesens in den andern beiden Häfen, nur dafs in diesen keine Dienstwohnungen vorhanden waren. — Wenngleich die Oberlotsen wohl vermochten, die polizeiliche Aufsicht über den Hafen, soweit es sich hierbei nur um das Oertliche und Praktische handelte, zu führen, so waren sie ihrer Bildung nach für die Bureauarbeiten, als Berichterstattungen, den brieflichen Verkehr usw., doch nicht geeignet. In dieser Hinsicht war es sehr wünschenswerth, eine andere Ortsbehörde mit der Oberaufsicht zu betrauen, und da hierzu das in jedem der drei Häfen vorhandene Ober-Zoll-Amt am geeignetsten war, so wurde solches in der Polizei-Ordnung vom Jahre 1842 als Hafenpolizei-Behörde eingesetzt. — Zur genauen Feststellung der den Lotsen obliegenden Verpflichtungen wurde von der Bezirksregierung in Cöslin unter dem 8. Juli 1842 eine Instruction für die Lotsen in den drei Häfen erlassen. Nach dieser wird das Lotsenpersonal und das Lotsenwesen unter die Aufsicht des Königlichen Haupt-Zoll-Amtes gestellt. Für den Lotsendienst werden dem Oberlotsen vom Staate zwei Boote geliefert, für deren Instandhaltung er auf eigne Kosten zu sorgen hat. Da die Anstellung von Hafenbauschreibern bisher noch nicht erfolgt war, so wurde dem Oberlotsen auch die Aufsicht über die sämtlichen Hafenunterhaltungsarbeiten übertragen. Diese Instruction, welche die Bauverwaltung von der Hafenunterhaltung ausschliefst, war unzweckmäfsig geworden, seitdem ein besonderer Wasserbauinspector für die drei hinterpommerschen Häfen und aufserdem in jedem Hafen ein Hafenbauschreiber (Bauaufseher) angestellt worden war. Und da überdies noch andere Aenderungen der Lotsen-Instruction als nothwendig sich herausgestellt hatten, so wurde unter dem 31. Mai 1878 eine neue, jetzt noch gültige Instruction erlassen, deren wesentlichste Vorschriften folgende sind:

Das Lotsenpersonal steht unter der Aufsicht und Disciplin des Königlichen Haupt-Zoll-Amtes. Bezüglich der Dienstvergehen der Oberlotsen und der Lotsen sind die Bestimmungen des Gesetzes, betreffend Dienstvergehen der nicht richterlichen Beamten, mafsgebend. Der Oberlotse hat die Aufsicht und den Befehl über die Lotsen und Lotsenruderer, er hat auf die Befolgung der Vorschriften der Polizei-Ordnung zu achten. Jedem Fahrzeuge im Hafen, auf oder vor der Reede, welches durch Zeichen Beistand fordert, mufs die schleunigste Hülfe geleistet werden. Wenn demnach ein ankommendes Schiff durch Aufstecken der Lotsenflagge einen Lotsen zum Einbringen in den Hafen verlangt, so mufs der Lotse in dem durch die Ruderer bedienten Boote dem Schiffe entgegenfahren und dasselbe nach Uebernahme des Commandos in den Hafen bringen. Nur dann sind die Lotsen von dergleichen Dienstleistungen entbunden, wenn bei stürmischem Wetter nach alleiniger Beurtheilung des Oberlotsen die gröfste Lebensgefahr für sie eintritt. Bis zum Eintreffen des Zollbeamten ist das einkommende Schiff im Zollinteresse unter Aufsicht zu halten. Der Oberlotse weist den Schiffen, ebenso den Fischer- und Privatbooten die Liegeplätze im Hafen an. Abgehenden Schiffen darf der Oberlotse das Ausgehen nicht eher gestatten bezw. ihnen einen Lotsen zum Ausfahren geben, bis die Papiere von der Zoll- und der Polizeibehörde geprüft sind. Insbesondere auch hat bei den zum Erwerb durch die Schiffahrt bestimmten deutschen Schiffen der Oberlotse sich davon zu überzeugen, dafs die vorhandenen Schiffsleute vorschriftsmäfsig angemustert sind und dafs ein Exemplar der Seemannsordnung vorhanden und zur Einsicht bereit liegt. — Er mufs darauf achten, dafs die Ankerreede und der Hafen stets rein gehalten werde, dafs also auf dem Untergrunde keine Schiffahrtshindernisse liegen. Er mufs durch fleifsiges Peilen stets eine genaue Kenntnifs von der Beschaffenheit des Fahrwassers haben und mufs Sorge tragen, dafs die für die Schiffahrt dienenden Land- und Seezeichen in und vor dem Hafen stets an ihrer vorschriftsmäfsigen Stelle und in gehöriger Ordnung sich befinden. Das Auslegen und Einziehen der Seezeichen ist von den Lotsen zu besorgen. — Der Oberlotse führt unter An-

leitung des Haupt-Zoll-Amtes die Aufsicht über die fiscalischen Lösch- und Ladeplätze, er hat ferner die Wasserstände der Ostsee zu beobachten und zu notiren. Die Sorge für die Beschaffung und Unterhaltung der Lotsenfahrzeuge, Utensilien, Geräthe usw. liegt unter gewisser Mitwirkung des Haupt-Zoll-Amtes der Hafenbau-Verwaltung ob. Dem Oberlotsen werden die Fahrzeuge usw. bei Antritt seines Amtes übergeben, er hat für ihre gute Aufbewahrung zu sorgen. Kleinere Reparaturen an den Lotsengeräthen, soweit hierzu keine handwerksmäfsigen Kenntnisse erforderlich sind, z. B. das Anstreichen der Boote, haben die Lotsenruderer zu verrichten. Abgesehen von Neubeschaffungen sind in jedem Hafen jährlich etwa 600 Mark für die Unterhaltung der Lotseninventarien erforderlich.

Gegenwärtig ist das Lotsenpersonal folgendermafsen zusammengesetzt. In jedem Hafen sind ein Seeoberlotse und zwei Seelotsen als etatmäfsige Beamte angestellt, erstere beziehen ein Gehalt von 1400 bis 1700 Mark, letztere von 1200 bis 1400 Mark. Das Aufsteigen im Gehalt geht bei diesen Beamten durch den ganzen preufsischen Staat. Aufserdem bezieht jeder der Lotsen einen Dienstaufwands-Zuschufs von 80 Mark und den Wohnungsgeldzuschufs, die Oberlotsen aufserdem noch 9 Mark für Schreibmaterialien. Ferner sind in jedem Hafen sechs Lotsenruderer gegen einen Lohn von je 600 Mark jährlich gemiethet. Der Lotsendienst wird mit dem Ruderboot oder bei stürmischem Wetter mit dem gedeckten Segelboot, dem Lotsenkutter, verrichtet. Die mannigfachen Nebenleistungen, als Bugsiren, Winden usw., welche früher in ausgedehntem Umfange von den Lotsen und den Ruderern auf Verlangen der Schiffer verrichtet werden mufsten, sind in dem Mafse allmählich in Fortfall gekommen, wie die Tiefen- und sonstigen Verhältnisse durch den vom Staate vorgenommenen Ausbau der Häfen sich gebessert haben. Nur noch die Segelschiffe lassen sich bei widrigem Winde von den Molen aus mittels der Leine ein- bezw. ausziehen. Bei Besetzung freigewordener Seelotsenstellen werden an die Bewerber folgende Anforderungen gestellt: Kenntnifs mit Schiffen von verschiedener Bauart, bei jedem Winde und Wetter manövriren und das Schiffscommando in deutscher und englischer Sprache führen zu können; vollständige Bekanntschaft mit den Schiffsmitteln in Gefahren. Nach Ablauf einer sechsmonatlichen Probezeit wird eine Prüfung vorgenommen, welche sich aufser auf die vorgenannten Anforderungen auch auf die genaueste Ortskenntnifs des betreffenden Hafens bezieht.

Bezüglich der den ankommenden Schiffen zu gebenden Lotsensignale ist nachträglich noch zu erwähnen: Wenn wegen ungünstiger Witterung das Lotsenboot dem Schiffe nicht entgegenfahren kann, der Schiffer aber dennoch einlaufen will, die sonstigen Umstände nach dem Urtheil des Oberlotsen das Einlaufen auch gestatten, so soll nach Vorschrift der Polizei-Ordnung die Wassertiefe und der zu steuernde Curs dem Schiffer in folgender Weise signalisirt werden. Eine rothe Fahne an dem Signalmast bedeutet, dafs das Schiff einlaufen kann, wird solche aber etwa wegen zu hoher Brandung vor der Mündung oder wegen zu heftiger Küstenströmung nicht gezeigt, so soll das Schiff draufsen bleiben. Kennt der Schiffer die Tiefe des Eingangsfahrwassers, so kann er nach Mafsgabe des Tiefgangs seines Schiffes unter Berücksichtigung des von der Wellenhöhe abhängigen Durchschlagens desselben, sowie nach der stattfindenden Küstenströmung selbst beurtheilen, ob das Einlaufen möglich ist und er das Wagnifs unternehmen will. Deshalb soll die Tiefe durch Kugeln, welche an dem Signalmast aufgezogen werden, und von denen jede einzelne einen Fufs Tiefe bedeutet, angezeigt werden. Die Richtung der Küstenströmung braucht nicht signalisirt zu werden, weil der Schiffer diese nach der herrschenden Windrichtung kennt. — Der von dem Schiffe zu steuernde Curs soll durch das Hin- und Herneigen einer Fahne mittels der auf der Ostmole stehenden Windbake angezeigt werden. Von diesen Signalen ist dasjenige der Bezeichnung der Wassertiefe nicht nur sehr unzweckmäfsig, sondern sogar höchst gefährlich, weil das Erkennen der Anzahl der Bälle von der See her, meist aus grofser Entfernung, häufig bei trübem Wetter gar zu leicht zu Irrungen und Unsicherheiten führt, zumal der Schiffer in solchen kritischen und gefährlichen Zuständen noch auf manche andere ebenfalls sehr wichtige Dinge zu achten hat. Es wurde deshalb bald nach Erlafs der Polizei-Ordnung, und zwar im Jahre 1845, dadurch eine Verbesserung eingeführt, dafs in jedem Hafen eine Normaltiefe und zwar in Colberg 6 Fufs, in Rügenwaldermünde 5 Fufs und in Stolpmünde 4 Fufs angenommen wurde, und dafs jeder aufgezogene Ball einen Fufs mehr als die Normaltiefe bedeutet. Trotz dieser Verbesserung verblieb noch der Uebelstand, dafs ein und dasselbe Zeichen bei den verschiedenen Häfen verschiedene Tiefenangaben darstellte. Es wurde deshalb schon 1852 die Einführung eines für alle preufsischen Häfen übereinstimmenden Signalsystems in Erwägung gezogen, auch wurde vorgeschlagen, die Einseglungslinie durch feste Landmarken zu bezeichnen. Wenn dieser Vorschlag bei bedeutenderen Häfen wegen der gröfseren Breite und der sich gleichbleibenden Richtung des Fahrwassers auch ausführbar war, z. B. in Swinewünde, so war eine solche Einrichtung bei den hinterpommerschen Häfen wegen der Veränderlichkeit der Einfahrtrichtung doch nicht angänglich und es verblieb daher in diesen Häfen bei den mit der Windbake zu gebenden Signalen. — Endlich wurde durch die Bekanntmachung vom 18. Mai 1883 für alle preufsischen Häfen eine Uebeinstimmung in der Bezeichnung der Passirbarkeit und der Wassertiefen in der Einfahrtrichtung eingeführt. Es geschieht dies durch verschiedene an den Lotsensignalmast aufgezogene Signalkörper, und zwar bedeutet:

1) ein rother Wimpel im Top des Mastes „die Einfahrt ist frei“;

2) ein Doppelkegel im Kreuzungspunkt von Mast und Raa „2 m Wassertiefe“;

3) zwei Doppelkegel, davon der eine, wie zuvor, im Kreuzungspunkt, der andere darüber „3 m“;

4) zwei Doppelkegel, der eine wieder im Kreuzungspunkt, der andere darunter „4 m“;

5) ein ruhender Cylinder im Kreuzungspunkt „5 m“;

6) ein ruhender Cylinder wie zuvor und darüber ein Doppelkegel „6 m“;

7) ein ruhender Cylinder an oder unter der von See aus gesehenen rechten Nock der Raa bedeutet 0,5 m mehr als das Signal am Mast;

8) jeder Doppelkegel an der rechten Nock der Raa bedeutet 0,1 m mehr.

Ist das Wetter so stürmisch, dafs ein Einlaufen in den Hafen nicht möglich ist, so werden überhaupt keine Signale, auch nicht die Flagge an der Windbake gezeigt.

Aufser dem Lotsensignalmast steht in jedem Hafen noch ein Mast der deutschen Seewarte, an dem nach Anweisung der Seewarte die Sturmsignale aufgezogen werden; dies geschieht von einem Lotsen, welcher nebenamtlich die Stelle als Signalist der Seewarte bekleidet. — Das in jedem Hafen an dem Lotsenwachthause angebrachte Hafenfeuer wird nicht von den Lotsen angezündet und bewacht, sondern wird von einem Arbeiter der Hafenbauverwaltung bedient.

Im Interesse der Hochseefischerei wird seit einigen Jahren noch ein anderes Signal gegeben. Zur Nachtzeit ist das Einlaufen der Schiffe wegen der Enge des Fahrwassers mit Gefahren verbunden, die Schiffe sollen deshalb bis zum Tagesanbruch draufsen bleiben, ein Lotsennachtdienst findet nicht statt, die Schiffe erhalten vom Lande her weder irgend ein Signal noch sonstige Hülfe, sie sehen nur das während der Nacht die Lage des Hafens markirende rothe Hafenfeuer. Die Fischerboote hingegen können wegen ihres geringen Tiefgangs und ihrer leichteren Beweglichkeit während der Dunkelheit bei gutem Wetter die Hafenmündung mit Leichtigkeit aufsuchen und einlaufen, bei Sturm und Unwetter aber ist dies aufserordentlich gefährlich. Es ist deshalb die Anordnung getroffen, dafs den aus See zur Nachtzeit zurückkehrenden Fischerbooten die Einfahrtrichtung angedeutet wird. Zu dem Zweck haben die Fischerboote, wenn sie abends auslaufen, sich in dem Lotsenwachthause behufs Aufschreibung ihres Ausgangs zu melden, der wachthabende Lotse ist dadurch über die Anzahl der in See befindlichen Boote genau unterrichtet. Wollen die Boote nach verrichteter Arbeit oder infolge Eintritts ungünstiger Witterung wieder in den Hafen zurückkehren, so haben sie dies durch Zeigen eines weifsen Lichtes in ihrem Boote zu erkennen zu geben, worauf von dem Lotsen an einer geeigneten Stelle der Ostmole ein grünes Licht gezeigt wird. Dies grüne Licht zusammen mit dem rothen Hafenfeuer giebt den Fischern die Einfahrtrichtung in den Hafen an. Sind alle Boote zurückgekehrt, so ist die Lotsenwache für die Nacht zu Ende.

In den meisten Häfen bestehen Schiffsvermessungs-Behörden; in den hinterpommerschen Häfen sind solche in Colbergermünde und Stolpmünde vorhanden. Die Vermessungen haben den Zweck, die Ladungsfähigkeit bezw. Gröfse des Schiffes festzustellen; sie sind von grofser Wichtigkeit, weil nach der Ladungsfähigkeit die verschiedenen Schiffsabgaben entrichtet werden. Früher erfolgte die Vermessung nach den Instructionen vom 12. November 1846 und 22. April 1852, wobei die Ladungsfähigkeit in Schiffslasten zu 4000 Pfund ausgedrückt wurde. Diese Instructionen haben sich indessen wegen der vorgeschriebenen Berechnungsart, einer Multiplication aus Länge, Breite Höhe und einem gewissen Erfahrungswerth, wobei keine Rücksicht auf die Schiffsform genommen wird, zur richtigen Ermittlung der Tragfähigkeit nicht durchweg als geeignet erwiesen. Es wurde deshalb am 25. Februar 1862 eine neue Anweisung erlassen, in welcher auch schon die Angabe des Zollcentners neben der Schiffslast angeordnet war. Von gleichem Tage ist auch die Anweisung zur Vermessung der Fischerfahrzeuge. — Nach Einführung der Mafs- und Gewichtsordnung für das Deutsche Reich erschien unter dem 21. November 1871 die Anweisung zur Vermessung der Seeschiffe, nach welcher die Ladungsfähigkeit in Tonnen zu 1000 Kilogramm oder 2000 Pfund ausgedrückt und alle Messungen in metrischem Mafse ausgeführt werden sollten. Die vorgeschriebene Messungsmethode war aber mit vielen Nachtheilen behaftet. In theoretischer Hinsicht besafs sie nicht die genügende Genauigkeit; für manche Schiffsformen gab sie zu grofse, für andere zu kleine Ergebnisse und veranlafste dadurch die Erbauung nautisch unzweckmäfsiger Schiffsformen, auch bot sie keine genügende Bürgschaft für die Vermeidung von Messungs- und Berechnungsfehlern. Der gröfste Nachtheil aber lag darin, dafs die Ergebnisse der nach diesem Verfahren vermessenen Schiffe von andern Nationen nicht nur in sehr beschränktem Mafse anerkannt wurden, sondern dafs diese Anerkennung überhaupt immer mehr verloren ging, weil in andern Staaten bereits zuverlässigere und genauere Messungsarten eingeführt wurden. Es sah sich deshalb der Bundesrath veranlafst, das bisherige Verfahren aufzuheben und eine neue Schiffsvermessungsordnung unter dem 5. Juli und 23. November 1872 zu erlassen. Hiernach wird der Raumgehalt des Schiffes nach den Regeln der Mathemathik vermessen und berechnet. Die Vermessung erstreckt sich auf die unter dem obersten Deck befindlichen Räume und auf die auf oder über dem obersten Deck fest angebrachten Aufbauten. Das Ergebnifs der Vermessung, in Körpermafs ausgedrückt, heifst der Brutto-Raumgehalt des Schiffes. Hiervon wird der Inhalt derjenigen Räume in Abzug gebracht, welche zum Gebrauch der Schiffsmannschaft, zur Navigirung, zur Bedienung des Schiffes, zur Aufnahme der Schiffsmaschine, Dampfkessel, Kohlen, Wellentunnel und dergleichen dienen, und ergiebt der Rest der Subtraction den Netto-Raumgehalt des Schiffes. — Vermessung und Berechnung geschieht nach der Simpsonschen Regel. Dabei wird die Länge des Schiffes in 4, 6, 8 usw. gleiche Theile getheilt, wenn dieselbe bis 15 m, bezw. 35 m, bezw. 55 m usw. beträgt, während die Höhe in dem durch die Theilpunkte gelegten Querprofile in 4 bezw. 6 gleiche Theile getheilt wird, je nachdem dieselbe bis 5 m oder darüber beträgt. Das Ergebnifs der Berechnung hat wegen der metrischen Messung die Benennung Cubikmeter. Die halben Querprofile werden nach den genommenen Mafsen aufgezeichnet, auch wird eine Art Längenschnitt in der Weise hergestellt, dafs die Länge mit den Theilpunkten als Abscisse, die Flächen der Querprofile in den Theilpunkten als Ordinaten aufgetragen werden. Sind grobe Messungsfehler vorgekommen, so geben sie sich in den Figuren zu erkennen. — Das beschriebene Verfahren heifst das vollständige Verfahren, und mufs immer angewendet werden, wenn es durchführbar ist. Liegen aber Hindernisse vor, welche die Vermessung der Schiffsräume nicht gestatten, z. B. wenn die Schiffe beladen sind, so geschieht die Vermessung nach dem sogenannten abgekürzten Verfahren, nämlich: ist die Länge des Schiffes $= L$, die Breite im Nullspant $= B$, der äufsere Umfang daselbst nach Abzug der Breite $= l$, so ist der Inhalt $= L\left(\frac{l}{2}+\frac{B}{2}\right)^2$ mal 0,18 bei eisernen, oder mal 0,17 bei hölzeren Schiffen. Sind die Hindernisse fortgefallen, so mufs

eine nochmalige Vermessung, aber nach dem vollständigen Verfahren vorgenommen werden. — Die Vermessung der Schiffe geschieht von Schiffsvermessungsbehörden, denen jeder ein Schiffsbautechniker als Mitglied zugeordnet ist. Ueber diesen Behörden stehen die Revisionsbehörden. Die Aufsicht über das Schiffs-Vermessungswesen wird durch das dem Reichskanzler unterstellte Schiffs-Vermessungs-Amt ausgeübt. In denjenigen Fällen, wo eine Umrechnung der in den bisherigen deutschen Mefsbriefen aufgeführten Tonnen und Lasten in Cubikmeter vorgenommen werden mufste (was jetzt nicht mehr vorkommt), war zu setzen: 1 Tonne von 1000 Kilogramm = 2,12 cbm, 1 Last von 4000 Pfund = 4,24 cbm usw. Durch Verordnung vom 23. November 1872 wurde noch eine höchst wichtige Einrichtung getroffen, indem vorgeschrieben wurde, dafs in den Mefsbriefen neben der den Brutto- und Nettoraumgehalt ausdrückenden Zahl der Cubikmeter auch die entsprechende Zahl britischer Registertons angegeben werden mufs, wobei 1 Cubikmeter = 0,353 britischer Registertons (br. R.) zu rechnen ist. — Die vorbezeichneten Verordnungen besitzen grofse Vorzüge. Es ist zwar die Vermessung und Berechnung sehr zeitraubend und umständlich, da eine wirkliche und genaue Aufmessung sämtlicher Schiffsräume erfolgt, aber es führt zu einem sehr viel genauerem Ergebnifs, das für so grofse Körper, wie Schiffe, völlig ausreicht. Die sachgemäfse Ausführung des Verfahrens ist durch die Hinzuziehung von Schiffsbautechnikern, durch Revisions- und Inspectionsbehörden gesichert. Aufserdem finden, was von grofser Wichtigkeit ist, die Vermessungen internationale Anerkennung. — Nachdem sich allmählich einige Abänderungen in den Bestimmungen der vorbezeichneten Vorordnungen, besonders auch hinsichtlich der von dem Brutto-Raumgehalt in Abzug zu bringenden Räume als wünschenswerth herausgestellt hatten, wurden dieselben aufgehoben und unter Beibehaltung der wesentlichen Bestimmungen derselben ist an deren Stelle die Bekanntmachung betreffend die Schiffs-Vermessungsordnung vom 20. Juni 1888 getreten. Diese findet Anwendung auf alle Schiffe, Fahrzeuge und Boote, welche ausschliefslich oder vorzugsweise zur Seefahrt im Sinne der Vorschrift über die Registrirung und Bezeichnung der Kauffahrteischiffe vom 13. November 1873 bestimmt sind. Den Landesregierungen bleibt es indessen vorbehalten, Fahrzeuge unter 50 cbm Brutto-Raumgehalt, welche keine Einrichtung zum dauernden Aufenthalt der Mannschaft haben, von der Vermessung auszuschliefsen. Diese mufs bei den im Bau begriffenen Schiffen geschehen, sobald das Vermessungsdeck gelegt ist, bei Dampfschiffen, bevor in dem durch Querschotte begrenzten Raum Einrichtungen getroffen werden, welche die Vermessung behindern. — Die von den Behörden ausgeführten Vermessungen und Berechnungen werden durch das Schiffs-Vermessungs-Amt geprüft und festgesetzt, auf Grund dieser Festsetzungen werden die Mefsbriefe von den von den Landesregierungen hierzu bestellten Behörden ausgefertigt.

In den Häfen von Colbergermünde und Stolpmünde bestehen Schiffs-Vermessungs-Behörden; als solche versehen das Amt in dem ersteren Hafen das Königliche Haupt-Zoll-Amt, in dem andern seit dem 1. October 1885 das Neben-Zoll-Amt daselbst, nachdem bis dahin das zu dieser Zeit aufgehobene und nach Stolp verlegte Haupt-Zoll-Amt die Geschäfte der Vermessungsbehörde versehen hatte. In Rügenwaldermünde ist eine solche nicht eingerichtet; für die beiden bestehenden ist die Revisionsbehörde der Regierungs-Präsident in Cöslin, von welchem auch die Mafsbriefe ausgefertigt werden, von ihm sind in der Zeit von 1873 bis 1884 in Colbergermünde 72 und in Stolpmünde 39 Schiffe vermessen worden. Es waren dies alte, schon früher vermessene Schiffe, die aber nach der Verordnung von 1872 neu umgemessen werden mufsten. Da mit ihnen sämtliche alte Schiffe umgemessen sind, neue Schiffe in den beiden Häfen aber nicht gebaut werden, so dürften die beiden Behörden kaum noch mit Schiffsvermessungen sich zu befassen haben.

Zur Vollständigkeit über die im Interesse der Seeschifffahrt eingesetzten Behörden mögen schliefslich noch die Musterungsbehörden erwähnt werden. Das Gesetz vom 26. März 1864, betreffend die Rechtsverhältnisse der Schiffsmannschaft auf den Seeschiffen, bestimmt, dafs in jedem Hafen eine besondere Musterungsbehörde eingesetzt werde und dafs die Musterrolle eines preufsischen Schiffes von der Musterungsbehörde desjenigen Hafens, in welchem die Schiffsmannschaft geheuert wird, angefertigt werde. Hiernach bestehen auch in den hinterpommerschen Häfen Musterungsbehörden, mit deren Vorsitz in Colbergermünde und Rügenwaldermünde die Haupt-Zoll-Amts-Dirigenten und in Stolpmünde der Amtsvorsteher daselbst betraut sind.

Charlottenburg, im Januar 1894. Benoit,
Geheimer Baurath a. D.

Die Berechnung ebener und gekrümmter Behälterböden.

Von Professor Ph. Forchheimer in Aachen.

1. Grundgleichungen für Blechstreifen.

Für die unter der Einwirkung äufserer Kräfte durchgebogene Achse eines ursprünglich geraden Balkens gilt bekanntlich die Beziehung

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M_x}{JE} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

In dieser Gleichung bedeutet M_x das Biegungsmoment der äufseren Kräfte, J das Trägheitsmoment des Balkenquerschnittes, E den Elasticitätsmodul. Bei der Ableitung von (1) wird nicht vorausgesetzt, dafs der Balken, als seine Achse noch eine Gerade bildete, spannungslos gewesen sei, wohl aber, dafs er sich bei der Biegung seitlich beliebig zusammenziehen und ausdehnen konnte. Wird jede seitliche Bewegung verhindert, handelt es sich z. B. um das mittlere Stück einer Platte von grofser seitlicher Ausdehnung und bedeutet M_x das Biegungsmoment, J das Trägheitsmoment des Streifens von der Breite „Eins“, so tritt an die Stelle von (1)

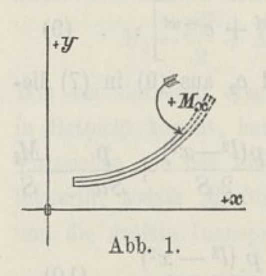


Abb. 1.

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M_x}{JE(1+\mu^2)} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (2)$$

worin μ den Coëfficienten der Quercontration bezeichnet. Wenn die Platte wagerecht, $2\,l$ lang, an beiden Enden aufgelagert ist, und mit einer gleichförmig vertheilten lothrechten Last von der Gröſse p auf der Flächeneinheit belastet ist, ferner auf die beiden Enden des Streifens von der Breite Eins auſser den lotrechten Auflagerdrucken $-pl$ zwei gleich groſse aber entgegengesetzt gerichtete wagerechte Zugkräfte $\pm S$ und Momente $\pm M_l$ wirken, so gilt (für das Achsenkreuz der Abb. 2)

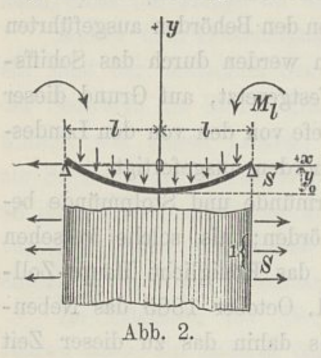


Abb. 2.

$$M_x = \frac{pl^2}{2} - \frac{px^2}{2} + M_l + Sy \quad . \; . \; . \quad (3)$$

worin y und daher auch Sy negativ ist, oder

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{\frac{p(l^2-x^2)}{2} + M_l + Sy}{JE(1+\mu^2)} \quad . \; . \; . \quad (4)$$

oder, wenn eine Hülfsgröſse

$$w = \sqrt{\frac{S}{JE(1+\mu^2)}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (5)$$

eingeführt wird,

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \left\{\frac{p(l^2-x^2)}{2S} + \frac{M_l}{S} + y\right\} w^2 \quad . \; . \quad (6)$$

Dieser Ausdruck (6) kann als Differentialgleichung der Curve aufgefaſst werden, welche die Plattenachse unter dem Einflusse der äuſseren Kräfte bildet. Ihre allgemeine Lösung lautet

$$y = c_1 e^{wx} + c_2 e^{-wx} - \frac{p(l^2-x^2)}{2S} + \frac{p}{Sw^2} - \frac{M_l}{S} \quad . \quad (7)$$

Von der Richtigkeit dieser Lösung kann man sich durch Differentiation überzeugen. In der That geht aus (7) hervor:

$$\frac{dy}{dx} = c_1 w e^{wx} - c_2 w e^{-wx} + \frac{px}{S}$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = w^2(c_1 e^{wx} + c_2 e^{-wx}) + \frac{p}{S},$$

oder, wenn man $c_1 e^{wx} + c_2 e^{-wx}$ nach (7) durch y ausdrückt,

$$\frac{d^2y}{dx^2} = w^2\left\{\frac{p(l^2-x^2)}{2S} + \frac{M_l}{S} + y\right\},$$

welch letztere Gleichung, wie verlangt, mit (6) übereinstimmt. Zur Bestimmung der Constanten c_1 und c_2 kann zunächst die Erwägung dienen, daſs für die Auflager, also für $x = \pm l$ die Einsenkung y Null sein muſs, oder

$$0 = c_1 e^{wl} + c_2 e^{-wl} + \frac{p}{Sw^2} - \frac{M_l}{S}$$

$$= c_1 e^{-wl} + c_2 e^{wl} + \frac{p}{Sw^2} - \frac{M_l}{S} \quad . \; . \; . \quad (8)$$

zu sein hat. Aus (8) folgt

$$c_1 = c_2 = \left[-\frac{p}{Sw^2} + \frac{M_l}{S}\right] : \left[e^{wl} + e^{-wl}\right] \quad . \; . \quad (9)$$

Die Einsetzung des Werthes von c_1 und c_2 aus (9) in (7) liefert als Gleichung der elastischen Linie

$$y = \frac{e^{wx} + e^{-wx}}{e^{wl} + e^{-wl}} \cdot \left[-\frac{p}{Sw^2} + \frac{M_l}{S}\right] - \frac{p(l^2-x^2)}{2S} + \frac{p}{Sw^2} - \frac{M_l}{S}$$

oder endlich

$$y = \left[\frac{p}{Sw^2} - \frac{M_l}{S}\right]\left[1 - \frac{e^{wx} + e^{-wx}}{e^{wl} + e^{-wl}}\right] - \frac{p(l^2-x^2)}{2S} \quad . \quad (10)$$

2. Der Boden bilde einen Streifen, der um seine beiden unverrückbaren Ränder wippt.

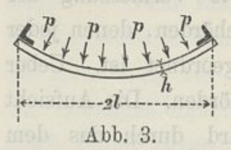


Abb. 3.

Wenn die Platte (Abb. 3) um die unverrückbaren Ränder wippen, d. h. sich drehen kann, ist $M_l = 0$, sodaſs die Gl. (10) der elastischen Linie in

$$y = \frac{p}{Sw^2}\left[1 - \frac{e^{wx} + e^{-wx}}{e^{wl} + e^{-wl}}\right] - \frac{p(l^2-x^2)}{2S} \quad . \quad (11)$$

übergeht. Die Länge $2s$ dieser Linie ist gröſser als die ursprüngliche Plattenlänge $2\,l$; die Platte muſs sich also um $2s - 2l$ dehnen und eben diese Dehnung ist es, welche bei unverrückbaren Enden eine Zugspannung S hervorruft. S ist also nicht unabhängig von p und für S gilt, wenn mit h die Plattendicke bezeichnet wird,

$$S = \frac{s-l}{l} \cdot E(1+\mu^2)h \quad . \; . \; . \quad (12)$$

Da die Curve schwach geneigt, also $\frac{dy}{dx}$ sehr klein ist, kann

$$ds = dx\sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} = \left\{1 + {}^1/_2\left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right\}dx \quad . \quad (13)$$

gesetzt werden. Nun folgt aus (10)

$$\frac{dy}{dx} = \frac{p}{Sw} \cdot \frac{-e^{wx} + e^{-wx}}{e^{wl} + e^{-wl}} + \frac{px}{S} \quad . \; . \quad (14)$$

und

$$\left[\frac{dy}{dx}\right]^2 = \frac{p^2}{S^2w^2}\,\frac{e^{2wx} - 2 + e^{-2wx}}{[e^{wl} + e^{-wl}]^2} - \frac{2p^2x}{S^2w}\,\frac{e^{wx} - e^{-wx}}{e^{wl} + e^{-wl}} + \frac{p^2x^2}{S^2} \quad (15)$$

oder nach (13)

$$\frac{ds}{dx} = 1 + \frac{p^2}{2S^2w^2}\,\frac{e^{2wx} + e^{-2wx}}{[e^{wl} + e^{-wl}]^2} - \frac{p^2}{S^2w^2} \cdot \frac{1}{[e^{wl} + e^{-wl}]^2} - \frac{p^2x}{S^2w} \cdot \frac{e^{wx} - e^{-wx}}{e^{wl} + e^{-wl}} + \frac{p^2x^2}{2S^2} \quad . \; . \; . \quad (16)$$

Die Integration liefert

$$\int\frac{ds}{dy} = x + \frac{p^2}{4S^2w^3}\,\frac{e^{2wx} - e^{-2wx}}{[e^{wl} + e^{-wl}]^2} - \frac{p^2x}{S^2w^2[e^{wl} + e^{-wl}]^2} - \frac{p^2x[e^{wx} + e^{-wx}]}{S^2w^2[e^{wl} + e^{-wl}]} + \frac{p^2[e^{wx} - e^{-wx}]}{S^2w^3[e^{wl} + e^{-wl}]} + \frac{p^2x^3}{6S^2} \quad . \quad (17)$$

oder für die Verlängerung zwischen 0 und l nach Einführung dieser Grenzen

$$s - l = \frac{5p^2}{4S^2w^3}\,\frac{e^{wl} - e^{-wl}}{e^{wl} + e^{-wl}} - \frac{p^2l}{S^2w^2[e^{wl} + e^{-wl}]^2} - \frac{p^2l}{S^2w^2} + \frac{p^2l^3}{6S^2} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (18)$$

Die Längeneinheit verlängert sich demnach um

$$\frac{s-l}{l} = \frac{p^2l^2}{S^2}\left\{\frac{5}{4w^3l^3}\cdot\frac{e^{wl} - e^{-wl}}{e^{wl} + e^{-wl}} - \frac{1}{w^2l^2[e^{wl} + e^{-wl}]^2} - \frac{1}{w^2l^2} + \frac{1}{6}\right\} \quad (19)$$

Die Vereinigung von (19) mit (12) liefert

$$\frac{S^3}{E(1+\mu^2)hp^2l^2} = \frac{5}{4w^3l^3}\cdot\frac{e^{wl} - e^{-wl}}{e^{wl} + e^{-wl}} - \frac{1}{w^2l^2[e^{wl} + e^{-wl}]^2} - \frac{1}{w^2l^2} + \frac{1}{6} \quad . \; . \; . \; . \quad (20)$$

Da nach (5) $S = JE(1+\mu^2)w^2$ . . . . (21)

ist, so kann man statt (20) auch

$$\frac{J^3E^2(1+\mu^2)^2}{hp^2l^8} = \frac{1}{w^6l^6}\left\{\frac{5}{4w^3l^3}\,\frac{e^{wl} - e^{-wl}}{e^{wl} + e^{-wl}} - \frac{1}{w^2l^2[e^{wl} + e^{-wl}]^2} - \frac{1}{w^2l^2} + \frac{1}{6}\right\}$$

setzen. Da ferner bei einer Platte von der Breite Eins $J^3 = h^9 : 1728$ ist, folgt

$$\frac{h^4 E(1+\mu^2)}{pl^4} = \frac{\sqrt{1728}}{w^3 l^3}\left\{\frac{5}{4\,w^3 l^3}\frac{e^{wl}-e^{-wl}}{e^{wl}+e^{-wl}} - \frac{1}{w^2 l^2 [e^{wl}+e^{-wl}]^2} - \frac{1}{w^2 l^2} + \frac{1}{6}\right\}^{1/2} = \varphi \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (22)$$

worin φ eine Function von wl darstellt. Nach (22) läfst sich φ unschwer berechnen, wenn h, E, μ, p und l gegeben sind. Damit man dann aus φ auch leicht wl bestimmen könne, sind weiter unten in einer Tabelle (S. 455 u. 456) die zu einander gehörigen Werthe von φ und wl zusammengestellt. Aus wl ergiebt sich w und nach (21) die Zugkraft S. Für die Senkung in der Mitte, wo $x = 0$ ist, gilt nach (11)

$$y_0 = \frac{p}{Sw^2}\left[1 - \frac{2}{e^{wl}+e^{-wl}} - \frac{w^2 l^2}{2}\right] \quad . \quad . \quad . \quad (23)$$

und hieraus ergiebt sich nach (3) das Maximalmoment in der Plattenmitte unter Berücksichtigung, dafs das Endmoment $M_l = 0$ ist, zu

$$M_0 = \frac{pl^2}{2} + Sy_0 = \frac{p}{w^2}\left[1 - \frac{2}{e^{wl}+e^{-wl}}\right] \quad . \quad (24)$$

Die gröfste Inanspruchnahme des Tragstoffes findet in der Plattenmitte statt, wird hier durch die Zugkraft S und das Moment M_0 hervorgerufen und beträgt

$$\sigma_{\max} = \frac{S}{h} + \frac{6 M_0}{h^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (25)$$

Eine nähere Betrachtung von (23) und (24) würde übrigens lehren, dafs y_0 negativ und M_0 positiv ist.

3. Der Boden bilde einen Streifen, dessen beide Ränder unverrückbar eingeklemmt sind.

Der mathematische Ausdruck der Forderung, dafs die Platte (Abb. 4) an den Auflagern nicht wippen könne, also die

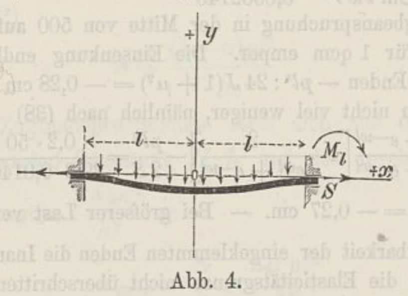


Abb. 4.

Tangenten der elastischen Linie dort wagerecht seien, lautet, dafs für $x = \pm l$ der Differentialquotient $\frac{dy}{dx}$ Null sein mufs. Nun folgt aus (10)

$$\frac{dy}{dx} = -\left[\frac{p}{Sw^2} - \frac{M_l}{S}\right] w \frac{e^{wx}-e^{-wx}}{e^{wl}+e^{-wl}} + \frac{px}{S} \quad . \quad (26)$$

Setzt man hier $x = l$ ein, so folgt

$$\frac{dy}{dx} = -\left[\frac{p}{Sw^2} - \frac{M_l}{S}\right] w \frac{e^{wl}-e^{-wl}}{e^{wl}+e^{-wl}} + \frac{pl}{S} \quad . \quad (27)$$

und, da dieser Ausdruck Null sein mufs, weiter

$$M_l = -\frac{pl}{w}\frac{e^{wl}+e^{-wl}}{e^{wl}-e^{-wl}} + \frac{p}{w^2}; \quad . \quad . \quad . \quad (28)$$

hiernach nimmt die Gleichung (10) der elastischen Linie die Form an

$$y = \frac{pl}{Sw}\frac{e^{wl}+e^{-wl}}{e^{wl}-e^{-wl}}\left[1 - \frac{e^{wx}+e^{-wx}}{e^{wl}+e^{-wl}}\right] - \frac{p(l^2-x^2)}{2S} \quad (29)$$

Die Differenzirung liefert

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{pl}{S}\frac{e^{wx}-e^{-wx}}{e^{wl}-e^{-wl}} + \frac{px}{S} \quad . \quad . \quad . \quad (30)$$

Hieraus folgt

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 = \frac{p^2 l^2}{S^2}\frac{e^{2wx}+e^{-2wx}}{[e^{wl}-e^{-wl}]^2} - \frac{2p^2 l^2}{S^2[e^{wl}-e^{-wl}]^2} - \frac{2p^2 lx}{S^2}\frac{e^{wx}-e^{-wx}}{e^{wl}-e^{-wl}} + \frac{p^2 x^2}{S^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (31)$$

und für das Differential der Bogenlänge nach (13)

$$\frac{ds}{dx} = 1 + \frac{p^2 l^2}{2\,S^2}\cdot\frac{e^{2wx}+e^{-2wx}}{[e^{wl}-e^{-wl}]^2} - \frac{p^2 l^2}{S^2[e^{wl}-e^{-wl}]^2} - \frac{p^2 lx}{S^2}\frac{e^{wx}-e^{-wx}}{e^{wl}-e^{-wl}} + \frac{p^2 x^2}{2\,S^2} \quad . \quad . \quad . \quad (32)$$

Die Integration giebt

$$s = x + \frac{p^2 l^2}{4\,S^2 w}\frac{e^{2wx}-e^{-2wx}}{[e^{wl}-e^{-wl}]^2} - \frac{p^2 l^2 x}{S^2[e^{wl}-e^{-wl}]^2} - \frac{p^2 lx}{S^2 w}\cdot\frac{e^{wx}+e^{-wx}}{e^{wl}-e^{-wl}} + \frac{p^2 l}{S^2 w^2}\cdot\frac{e^{wx}-e^{-wx}}{e^{wl}-e^{-wl}} + \frac{p^2 x^3}{6\,S^2} \quad (33)$$

oder nach Einführung der Grenzen 0 und l für die Verlängerung zwischen Mitte und Ende

$$s = l + \frac{p^2 l^2}{4\,S^2 w}\frac{e^{wl}+e^{-wl}}{e^{wl}-e^{-wl}} - \frac{p^2 l^3}{S^2[e^{wl}-e^{-wl}]^2} - \frac{p^2 l^2}{S^2 w}\frac{e^{wl}+e^{-wl}}{e^{wl}-e^{-wl}} + \frac{p^2 l}{S^2 w^2} + \frac{p^2 l^3}{6\,S^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (34)$$

Ein Plattenstück von der Länge Eins dehnt sich also infolge der Durchbiegung um

$$\frac{s-l}{l} = \frac{p^2 l^2}{S^2}\left\{-\frac{3}{4wl}\cdot\frac{e^{wl}+e^{-wl}}{e^{wl}-e^{-wl}} - \frac{1}{[e^{wl}-e^{-wl}]^2} + \frac{1}{w^2 l^2} + \frac{1}{6}\right\} \quad (35)$$

Die Dehnung läfst sich wie im vorhergehenden Falle auch durch die Zugspannung S mit Hülfe der Gleichung

$$S = \frac{s-l}{l} E(1+\mu^2)h \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

ausdrücken, welche, mit (35) vereinigt,

$$\frac{S}{E(1+\mu^2)h} = \frac{p^2 l^2}{S^2}\left\{-\frac{3}{4wl}\frac{e^{wl}+e^{-wl}}{e^{wl}-e^{-wl}} - \frac{1}{[e^{wl}-e^{wl}]^2} + \frac{1}{w^2 l^2} + \frac{1}{6}\right\} \quad (36)$$

liefert. Da nun nach (5)

$$S = JE(1+\mu^2)w^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (21)$$

und bei einer Platte $J = {}^1/_{12} h^3$ ist, folgt aus (36) weiter

$$\frac{h^4 E(1+\mu^2)}{pl^4} = \frac{\sqrt{1728}}{w^3 l^3}\left\{-\frac{3}{4wl}\frac{e^{wl}+e^{-wl}}{e^{wl}-e^{-wl}} - \frac{1}{[e^{wl}-e^{-wl}]^2} + \frac{1}{w^2 l^2} + \frac{1}{6}\right\}^{1/2} = \psi \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (37)$$

worin ψ eine Function von wl bezeichnet. Nach (37) läfst sich ψ unschwer berechnen, wenn h, E, μ, p und l gegeben sind. Damit man auch aus ψ leicht wl bestimmen könne, sind in der schon erwähnten Tabelle auch die Werthe von ψ eingetragen. Wieder ergiebt sich w aus wl und nach (21) die Zugkraft S. Für die Senkung in der Mitte, wo $x = 0$ ist, gilt nach (29)

$$y_0 = \frac{pl}{Sw}\frac{e^{wl}+e^{-wl}}{e^{wl}-e^{-wl}}\left[1 - \frac{2}{e^{wl}+e^{-wl}}\right] - \frac{pl^2}{2S} \quad (38)$$

Das Moment M_l für $x = l$, das heifst am Ende, ist bereits bekannt und durch (28) gegeben; jenes in der Mitte, für $x = 0$, findet sich endlich nach (3), (28) und (38) zu

$$M_0 = \frac{pl^2}{2} + M_l + Sy_0 = \frac{p}{w^2} - \frac{pl}{w}\frac{2}{e^{wl}-e^{-wl}} \quad (39)$$

Wie bei stärkeren eingemauerten Balken, bei welchen S nicht in Betracht kommt, hat das Mittelmoment M_0 entgegengesetztes Vorzeichen wie das Endmoment M_l und einen kleineren Absolutwerth, sodafs M_l für die Wahl der Plattendicke mafsgebend und die gröfste Inanspruchnahme

$$\sigma_{\max} = \frac{S}{h} + \frac{6 M_l}{h^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (40)$$

erscheint.

Zusammenstellung der zusammengehörigen Werthe von wl, φ und ψ.

$wl=$				0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$\psi=$				4,467	3,326	2,639	2,175	1,841	1,588	1,390
$wl=$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
$\varphi=$	4,864	4,166	3,593	3,116	2,719	2,382	2,095	1,850	1,641	1,460
$\psi=$	1,230	1,0967	0,9851	0,8899	0,8079	0,7363	0,6734	0,6177	0,5680	0,5237
$wl=$	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
$\varphi=$	1,304	1,167	1,049	0,9447	0,8537	0,7735	0,7027	0,6399	0,5842	0,5345
$\psi=$	0,4838	0,4478	0,4152	0,3856	0,3586	0,3340	0,3116	0,2910	0,2721	0,2547
$wl=$	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9
$\varphi=$	0,4901	0,4504	0,4147	0,3826	0,3536	0,3274	0,3037	0,2822	0,2626	0,2447
$\psi=$	0,2387	0,2240	0,2104	0,1978	0,1861	0,1754	0,1653	0,1560	0,1474	0,1394
$wl=$	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9
$\varphi=$	0,2284	0,2135	0,1998	0,1873	0,1757	0,1651	0,1553	0,1462	0,1379	0,1301
$\psi=$	0,1318	0,1248	0,1183	0,1122	0,1065	0,1012	0,09621	0,09152	0,08713	0,08300
$wl=$	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8
$\varphi=$	0,1229	0,1101	0,09889	0,08916	0,08066	0,07320	0,06662	0,06080	0,05564	0,05103
$\psi=$	0,07912	0,07204	0,06576	0,06017	0,05518	0,05071	0,04671	0,04311	0,03986	0,03692
$wl=$	7,0	7,2	7,4	7,6	7,8	8,0	8,2	8,4	8,6	8,8
$\varphi=$	0,04692	0,04324	0,03993	0,03694	0,03425	0,03181	0,02959	0,02758	0,02574	0,02406
$\psi=$	0,03426	0,03185	0,02966	0,02765	0,02583	0,02416	0,02263	0,02122	0,01993	0,01874
$wl=$	9,0	9,2	9,4	9,6	9,8	10,0				
$\varphi=$	0,02253	0,02112	0,01982	0,01863	0,01753	0,01652				
$\varphi=$	0,01764	0,01662	0,01568	0,01481	0,01401	0,01326				

Sowohl wl als auch φ und ψ sind unbenannte Zahlen. Die Tabelle gilt also unabhängig von Mafseinheiten.

Beispiel. Ein Schweifseisenblech von 1 cm Stärke sei 1 m weit gespannt und durch 2 m Wasserdruck, also 0,2 kg auf den qcm, belastet. Wie stark wird das Eisen beansprucht, wenn sich die Blech-Enden frei drehen können?

Im gegebenen Falle ist $h=1$, $l=50$, $p=0{,}2$, $E(1+\mu^2)$ etwa $=2200000$, $J=h^3:12=0{,}08333$ zu setzen. Formel (22) giebt $\varphi=\frac{h^4E(1+\mu^2)}{pl^4}=\frac{2200000}{0{,}2\cdot 6250000}=1{,}76$. Für dieses φ giebt die Tabelle $wl=1{,}743$ oder $w=0{,}03486$ und nach (21) $S=JE(1+\mu^2)w^2=0{,}08333\cdot 2200000\cdot 0{,}001215=222{,}7$. Für $wl=1{,}743$ ist ferner z. B. nach „den Tafeln der Hyperbelfunctionen und der Kreisfunctionen, von Dr. W. Ligowski, Berlin 1890 (Pr. 5 ℳ)" $2:(e^{wl}+e^{-wl})=1:\mathfrak{Cof}\,wl=0{,}3396$ und daher nach (24) das Moment in der Mitte $M_0=\frac{p}{w^2}\left[1-\frac{2}{e^{wl}+e^{-wl}}\right]=\frac{0{,}2[1-0{,}3396]}{0{,}001215}=108{,}7$. Da die Kraft S eine Zugspannung $S:h=222{,}7$ und das Moment M_0 eine Zugspannung $6\,M_0:h^2=652{,}2$ hervorruft, beträgt die gröfste Inanspruchnahme σ_{max} nur $222{,}7+652{,}2=874{,}9$ kg f. 1 qcm, während sie bei einfacher Auflagerung $\frac{1}{8}pl^2:\frac{1}{6}h^2=1500$ kg für 1 qcm betragen würde. Die Einsenkung berechnet sich nach (23) zu $y_0=\frac{p}{Sw^2}\left[1-\frac{2}{e^{wl}+e^{-wl}}-\frac{w^2l^2}{2}\right]=\frac{0{,}2}{222{,}7\cdot 0{,}001215}[1-0{,}34-1{,}52]$ $=-0{,}64$ cm, während sie bei losem Aufliegen nach bekannter Formel $-5\,pl^4:24\,JE(1+\mu^2)=-1{,}42$ cm sein würde.

Ist das 1 m weit gespannte, 1 cm starke Schweifseisenblech an den Enden unverrückbar eingeklemmt, statt frei drehbar, so nimmt bei 2 m Wasserdruck die Rechnung folgende Gestalt an. Es ist $\psi=1{,}76$, nämlich so grofs wie früher φ. Die Tabelle giebt $wl=0{,}732$ oder $w=0{,}01464$ und nach (21) $S=JE(1+\mu^2)w^2=0{,}08333\cdot 2200000\cdot 0{,}000\,2143=39{,}3$, sowie nach

$$(28)\quad M_l=-\frac{pl}{w}\frac{e^{wl}+e^{-wl}}{e^{wl}-e^{-wl}}+\frac{p}{w^2}=\frac{p}{w^2}\left\{-\frac{lw}{\mathfrak{Tg}\,wl}+1\right\}=$$

$=-\frac{0{,}2\times 0{,}1725}{0{,}0002143}=-161{,}0$, sodafs sich die gröfste Inanspruchnahme auf Zug $S:h+6M_l:h^2=39{,}3+966{,}6=1005{,}9$ findet. Wenn die Enden sich trotz der Einklemmung verschieben könnten, so würde das Endmoment $-\frac{pl^2}{3}=-166{,}7$, also dem Absolutwerthe nach nur wenig gröfser als bei unverrückbaren Enden sein, während sich die gröfste Inanspruchnahme auf Zug, weil S fortfällt, von 1005,9 auf $2pl^2:h^2=1000$ kg f. 1 qcm vermindern würde. Bei drehbaren aber unverschieblichen Enden hatte die gröfste Zugspannung 874,9 betragen; durch die Einklemmung hat die Inanspruchnahme also nicht, wie man zu glauben versucht sein könnte, ab-, sondern zugenommen. In praktischer Hinsicht wird ferner zu bedenken sein, dafs die Platte ihren gefährlichen Querschnitt bei drehbarer Lagerung in der Mitte, bei nicht drehbarer an den Auflagern besitzt und hier vielleicht durch Nietreihen geschwächt wird. Auch die Abnahme, welche das Mittelmoment erfährt, wenn man die undrehbaren Enden unverrückbar befestigt, ist nur gering. Dasselbe sinkt nämlich von $\frac{1}{6}pl^2=83{,}33$ cmkg nach (39) auf $M_0=\frac{p}{w^2}\left\{1-\frac{2lw}{e^{wl}-e^{-wl}}\right\}=$ $=\frac{p}{w^2}\left\{1-\frac{lw}{\mathfrak{Sin}\,lw}\right\}=\frac{0{,}2\cdot 0{,}0840}{0{,}0002143}=78{,}4$ cmkg herab. Dabei steigt sogar die Zugbeanspruchung in der Mitte von 500 auf $39{,}3+470{,}4$ $=509{,}7$ kg für 1 qcm empor. Die Einsenkung endlich mifst bei verrückbaren Enden $-pl^4:24\,J(1+\mu^2)=-0{,}28$ cm und bei nicht verschiebbaren nicht viel weniger, nämlich nach (38)

$$y_0=\frac{pl}{Sw}\frac{e^{wl}+e^{-wl}}{e^{wl}-e^{-wl}}\left[1-\frac{2}{e^{wl}+e^{-wl}}\right]-\frac{pl^2}{2S}=\frac{0{,}2\cdot 50}{39{,}3\cdot 0{,}01464}\frac{0{,}21881}{\mathfrak{Tg}\,0{,}732}-$$

$-\frac{0{,}2\times 2500}{2\times 39{,}3}=-0{,}27$ cm. — Bei gröfserer Last vermindert zwar die Unverrückbarkeit der eingeklemmten Enden die Inanspruchnahme, aber so lange die Elasticitätsgrenze nicht überschritten ist, nicht in erheblichem Grade, wie aus nachstehender Zusammenstellung der Inanspruchnahme hervorgeht, welche die schon betrachtete Platte von 1 m Spannweite und 1 cm Dicke bei den Lasten $p=0{,}2$, 0,4 und 0,6 erleidet:

Last p in kg f. 1 qcm	0,2	0,4	0,6
Zugkraft S in kg f. 1 cm	39,3	126,2	227,7
Endmoment M_l in cmkg	161,0	300,4	419,8
Inanspruchnahme σ_{max} bei unverrückbar eingeklemmten Enden	1005,1	1928,7	2746,6
Inanspruchnahme $2\,pl^2:h^2$ bei verrückbar eingeklemmten Enden	1000	2000	3000.

Jenseit der Elasticitätsgrenze wirkt eine Unverrückbarkeit der Enden viel kräftiger auf die Inanspruchnahme und ermäfsigt sie wesentlich. Wird $E(1+\mu^2)=220000$ statt $=2200000$ gesetzt, so steigt für $p=0{,}6$ die Zugkraft S von 227,7 auf 234,9, sinkt das Moment M_l von 419,8 auf 218,2 und fällt σ_{max} von 2746,6 auf 1544,1 kg f. 1 qcm herab.

4. Näherungsverfahren für den unter 2 betrachteten Fall.

Ein Näherungsverfahren*) läfst sich für das drehbar befestigte Blech von unveränderlichem Auflagerabstand ableiten,

*) Dieses Verfahren ist mit etwas abweichender Ableitung in der Brückenbauanstalt der Gutehoffnungshütte zu Sterkrade üblich.

wenn man auf die Form der elastischen Linie keine Rücksicht nimmt, und nur die Durchbiegungsgröfse beachtet. Man kann nämlich annehmen, dafs das Blech einen Theil αp der Last p als Balken trägt und den anderen $(1-\alpha)\,p$ als Kette. Für die Balkensenkung in der Mitte gilt dann nach bekannter Formel (wenn man das Vorzeichen nicht berücksichtigt)

$$y_0 = \frac{5\alpha p l^4}{24JE(1+\mu^2)} = \frac{5\alpha p l^4}{2h^3E(1+\mu^2)} \quad . \quad (41)$$

und für den Pfeil der flachen Kette mit der Spannkraft S

$$y_0 = \frac{(1-\alpha)pl^2}{2S} \text{ oder } y_0 + \frac{\alpha p l^2}{2S} = \frac{pl^2}{2S} \quad . \quad (42)$$

Aus (41) und (42) geht

$$y_0\left[1 + \frac{h^3E(1+\mu^2)}{5l^2S}\right] = \frac{pl^2}{2S} \quad . \; . \; . \quad (43)$$

hervor. Der Längenunterschied zwischen einer Sehne $2l$ und einem zugehörigen flachen Bogen vom Pfeil y_0 beträgt ziemlich genau $\frac{4}{3}y_0^2:l$. Durch die Biegung erfährt also die Längeneinheit des Bleches eine Dehnung von ungefähr $\frac{2}{3}y_0^2:l^2$ und es mufs, da der Blechquerschnitt h beträgt, angenähert

$$S = \frac{2y_0^2}{3l^2}hE(1+\mu^2) \quad . \; . \; . \; . \quad (44)$$

gelten und demnach, wie die Einsetzung dieses Werthes in (43) lehrt,

$$y_0^3 + \frac{3}{10}h^2y_0 = \frac{3}{4}\frac{pl^4}{hE(1+\mu^2)} \quad . \; . \quad (45)$$

sein. Aus (45) kann man, am einfachsten durch probiren, y_0 bestimmen. Sobald y_0 bekannt ist, folgt nach (41)

$$\alpha = \frac{2}{5}\frac{h^3E(1+\mu^2)}{pl^4}y_0 \quad . \; . \; . \; . \quad (46)$$

und nach (42)

$$S = \frac{(1-\alpha)pl^2}{2y_0} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (47)$$

Die gröfste Zuginanspruchnahme setzt sich aus der durch die Kraft S erzeugten Spannung $S:h$ und der durch das Moment $\frac{1}{2}\alpha p l^2$ erzeugten $\frac{3\alpha p l^2}{h^2}$ zu

$$\sigma_{\max} = \frac{S}{h} + \frac{3\alpha p l^2}{h^2} \quad . \; . \; . \; . \quad (48)$$

zusammen.

Beispiel. Bei dem schon betrachteten Blech von $h=1$, $l=50$, $E(1+\mu^2)=2200000$, $p=0{,}2$ lautet beispielsweise (45) $y_0^3+0{,}3\,y_0=0{,}42614$ und findet sich $y_0=0{,}6212$ cm, hieraus $\alpha=0{,}437$, $S=226{,}5$ kg f. 1 cm und die Inanspruchnahme $\sigma_{\max}=226{,}5:1+3\cdot0{,}437\cdot0{,}2\cdot2500:1=226{,}5+655{,}5=882{,}0$ kg f. 1 qcm. Hervorzuheben ist, dafs diese Werthe beinahe mit jenen übereinstimmen, welche das strenge Verfahren geliefert hat, nämlich mit $y_0=0{,}64$, $S=222{,}7$ und $\sigma_{\max}$ 874,9.

5. Der Boden bilde eine Scheibe, die um ihren unverrückbaren Umfang wippt.

Das Verhalten lose aufliegender, sowie das eingeklemmter Scheiben hat Grashof unter der Annahme untersucht, dafs sich die Mittelebene derselben, wenn auf ihren Randkreis keine Zug- oder Druckkräfte wirken, an keiner Stelle dehnt oder kürzt. Das ist nun nicht der Fall, weil sich auch bei verschieblich gelagerter Scheibe die Mittelebene bei der Biegung in eine Umdrehungsfläche verwandeln mufs, wobei die Halbmesser gedehnt und die vom Scheibenmittelpunkte aus beschriebenen Kreise verkleinert werden müssen. Die Grashofschen Entwicklungen gelten aber immerhin annähernd für Platten, welche lose oder eingeklemmt und zugleich verschieblich gelagert sind, sodafs der Randkreis der Mittelebene bei der Biegung der Platte etwas einschrumpfen kann und sich die Randstücke gegen die Achse hin zu bewegen vermögen. Ist der Umfang hingegen unverrückbar und zugleich so festgehalten, dafs die Platte um ihn wippen kann, so führt folgendes Nährungsverfahren zum Ziele, bei welchem man annimmt, dafs der Behälterboden einen Theil αp der Last als lose liegendes Blech unter den Voraussetzungen Grashofs trage, und den Rest $(1-\alpha)p$ als kugelförmiger Hängeboden. Bei der lose liegenden Platte vom Halbmesser r ist die Senkung des Mittelpunktes dann nach Grashofs „Theorie der Elasticität und Festigkeit, Berlin, 1878" S. 335, Gl. (587)

$$z_0 = \frac{3}{16}(1-\mu)(5+\mu)\frac{\alpha p r^4}{h^3E} \quad . \; . \quad (50)$$

Da ein kugelförmiges Blech (vgl. Abb. 5) vom Kugelhalbmesser r_1, welches einem Wasserdruck $(1-\alpha)p$ ausgesetzt ist, bekanntlich an allen Punkten nach allen Richtungen parallel zu seiner Oberfläche Spannungen von der Gröfse $S=\frac{1}{2}(1-\alpha)pr_1$ auf der Querschnittsfläche von der Dicke des Bleches und von der Länge Eins erfährt und bei flachem Kugelabschnitt der Pfeil

$$z_0 = r^2:2r_1$$

gesetzt werden kann, folgt für den Pfeil des Hängebodens

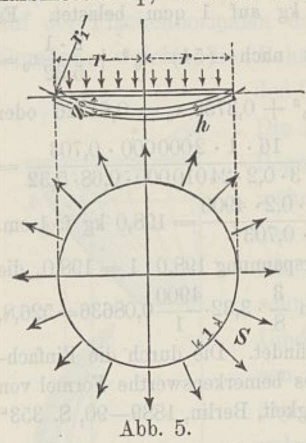


Abb. 5.

$$z_0 = \frac{(1-\alpha)pr^2}{4S} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (51)$$

Aus (50) und (51) geht bei Fortschaffung von α

$$z_0\left[1 + \frac{4h^3E}{3(1-\mu)(5+\mu)r^2S}\right] = \frac{pr^2}{4S} \quad . \; . \quad (52)$$

hervor. Der Längenunterschied zwischen einer Sehne $2r$ und einem zugehörigen flachen Bogen vom Pfeil z_0 beträgt ziemlich genau $\frac{4}{3}z_0^2:r$. Durch die Senkung erfährt also das Blech eine Dehnung von ungefähr $\frac{2}{3}z_0^2:r^2$ für die Längeneinheit und zwar nach doppelter Richtung, sodafs, weil der Blechquerschnitt h beträgt, angenähert

$$S = \frac{2}{3}\cdot\frac{z_0^2}{r^2}\cdot\frac{hE}{1-\mu} \quad . \; . \; . \; . \quad (53)$$

zu setzen ist. Die Einführung dieses Werthes in (52) liefert für z_0 die Gleichung

$$z_0^3 + \frac{2h^2}{5+\mu}z_0 = \frac{3pr^4(1-\mu)}{8hE} \quad . \; . \quad (54)$$

aus welcher sich z_0 und zwar am leichtesten durch Probiren bestimmen läfst. Ist z_0 bekannt, so folgt nach (50)

$$\alpha = \frac{16}{3}\frac{h^3E}{pr^4(1-\mu)5+\mu)}z_0 \quad . \; . \; . \quad (55)$$

und nach (51)

$$S = \frac{(1-\alpha)pr^2}{4z_0} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (56)$$

Die Beanspruchung des lose liegenden Bleches durch die Last αp läfst sich aus Grashofs Entwicklungen wie folgt ableiten. Es ist nach seinen Gleichungen (589) im Scheiben-

mittelpunkte die Dehnung der äufsersten Faser, sowohl nach der x-Richtung als auch nach der hierzu senkrechten, ebenfalls wagerechten y-Richtung

$$\varepsilon_x = \varepsilon_y = \frac{3}{8}(1-\mu)(3+\mu)\frac{r^2}{h^2}\frac{\alpha p}{E} \quad . \quad . \quad (57)$$

Die Spannung σ_x ist gleich σ_y, während die Spannung σ_z in der lothrechten Richtung Null ist, und daher ergiebt sich (z. B. nach Grashofs Gleichungen 53) für die durch αp, d. h. durch Biegungsmomente erzeugten gröfsten Zugspannungen

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{\varepsilon_x E}{1-\mu} = \frac{3}{8}(3+\mu)\frac{r^2}{h^2}\alpha p \quad . \quad (58)$$

Zu dieser Zugspannung tritt dann noch die von S hervorgerufene, gleichmäfsig über den Querschnitt vertheilte hinzu, sodafs die gröfste Zugspannung

$$\sigma_{\max} = \frac{S}{h} + \frac{3}{8}(3+\mu)\frac{r^2}{h^2}\alpha p \quad . \quad . \quad (59)$$

wird.

Beispiel. Ein Blech von 140 cm Durchmesser und 1 cm Stärke aus Schweifseisen mit $\mu = 0,32$, $E = 2000000$ kg f. 1 qcm werde durch einen Wasserdruck $p = 0,2$ kg auf 1 qcm belastet. Es ist $h = 1$ und $r = 70$ und folgt nach (54) $z_0^3 + \frac{2 \cdot 1}{5,32} z_0 = \frac{3 \cdot 0,2 \cdot 24010000 \cdot 0,68}{8 \cdot 1 \cdot 2000000}$ = oder $z_0^3 + 0,3759\, z_0 = 0,61226$ oder $z_0 = 0,703$ cm, sowie nach (55) $\alpha = \frac{16 \cdot 1 \cdot 2000000 \cdot 0,703}{3 \cdot 0,2 \cdot 24010000 \cdot 0,68 \cdot 5,32} = 0,4318$ und nach (56) $S = \frac{0,5682 \cdot 0,2 \cdot 4900}{4 \cdot 0,703} = 198,0$ kg f. 1 cm. Die Spannkräfte S bewirken eine Zugspannung $198,0 : 1 = 198,0$, die Lasten $\alpha p = 0,08636$ eine solche von $\frac{3}{8} \cdot 3,32 \cdot \frac{4900}{1} 0,08636 = 526,8$, sodafs sich $\sigma_{\max}$ 724,8 kg f. 1 qcm findet. Die durch die Einfachheit ihrer Begründung und ihres Baues bemerkenswerthe Formel von Bach in seiner „Elasticität und Festigkeit, Berlin, 1889—90, S. 353“ würde $\sigma_{\max} \geq p \frac{r^2}{h^2}$ oder $\sigma_{\max} \geq 980$ kg f. 1 qcm, also nicht unerheblich zu grofs ergeben. Bei verschiebbarem Rand endlich, also für $S = 0$ und $\alpha = 1$ fände sich nach (59) $\sigma_{\max} = 1220,1$.

6. Der Boden bilde eine am Umfange eingeklemmte Scheibe.

In dem nach verschiedenen Verfahren behandelten ersten Beispiele hat es sich gezeigt, dafs es bei einem eingeklemmten Streifen die Inanspruchnahme auf Zug, so lange sie innerhalb der Elasticitätsgrenze bleibt, kaum beeinflufst, ob man die Klemmränder unverrückbar oder verschieblich befestigt; so waren 1000 und 1005,9 kg Zug f. 1 qcm zwei zusammengehörende Werthe. Es ist die Annahme wohl zulässig, dafs auch bei der am Umfange eingeklemmten Scheibe die Rechnung so durchgeführt werden darf, als ob der Umfang verschieblich wäre, und dafs dies wieder unter Grashofs Voraussetzungen geschehen kann. Derselbe findet am angegebenen Orte, Gl. 594 und 595, dafs die gröfste Dehnung in den untersten Fasern am Rande in der Richtung der Halbmesser herrscht und hier

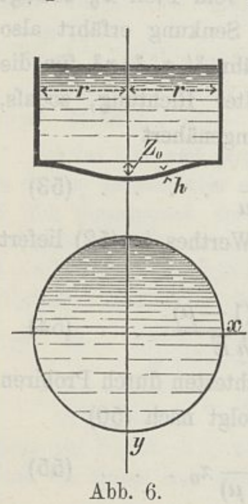


Abb. 6.

$$E\varepsilon_x = \frac{3}{4}(1-\mu^2)\frac{r^2}{h^2}p \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (60)$$

ist, während die eingeklemmte Kreislinie selbst seiner Voraussetzung gemäfs ihre Länge nicht ändert. Die gröfste Zugspannung wird also durch

$$\sigma_{\max} = \frac{E\varepsilon_x}{1-\mu^2} = \frac{3}{4}\frac{r^2}{h^2}p \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (61)$$

ausgedrückt.

Beispiel. Für die letztbetrachtete Scheibe von $r = 70$, $h = 1$ cm, $\mu = 0,32$, $p = 0,2$ kg f. 1 qcm ist nach (61) $\sigma_{\max}$ 735,0 kg f. 1 qcm, also nicht kleiner, als wenn sie um den Umfang wippen kann.

7. Der Boden bilde einen flach gekrümmten Streifen.

Die Näherungsverfahren lassen sich auch gut anwenden, wenn die Böden flach gekrümmt sind und unter der Last um ihre Befestigungslinien wippen, wobei ihre Pfeile von f auf $f + y_0$ (bezw. $f + z_0$) anwachsen mögen. Handelt es sich um einen Streifenboden, so kann er wieder als Platte und als Kette aufgefafst werden. Dann gilt für erstere wie vorher im Absatz 4

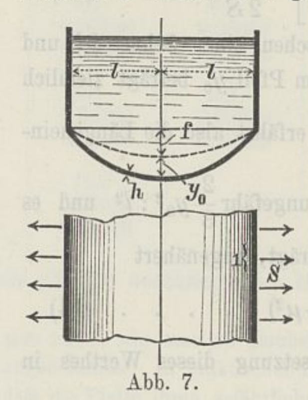


Abb. 7.

$$y_0 = \frac{5\alpha p l^4}{2h^3 E(1+\mu^2)} \quad . \quad (41)$$

für letztere

$$f + y_0 = \frac{(1-\alpha)pl^2}{2S} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (62)$$

und daher

$$f + y_0 + \frac{h^3 E(1+\mu^2)}{5\,l^2 S} y_0 = \frac{pl^2}{2S}$$

oder

$$fS + y_0 S + y_0 \frac{h^3 E(1+\mu^2)}{5l^2} = \frac{pl^2}{2} \quad . \quad . \quad (63)$$

Die Bogenlänge des Bodens vor der Biegung kann $= 2l + \frac{4}{3}\frac{f^2}{l}$ und nach der Biegung $= 2l + \frac{4}{3}\frac{(f+y_0)^2}{l}$, also die Verlängerung der Längeneinheit infolge der Einsenkung genügend genau $= \frac{2}{3}\frac{2fy_0 + y_0^2}{l^2}$ gesetzt werden. Daher mufs

$$S = \frac{2}{3}\frac{2fy_0 + y_0^2}{l^2} hE(1+\mu^2) \quad . \quad . \quad (64)$$

oder

$$y_0^3 + 3fy_0^2 + 2f^2 y_0 + \frac{3}{10}h^2 y_0 = \frac{3pl^4}{4hE(1+\mu^2)} \quad (65)$$

sein, aus welcher Gleichung man y_0 durch Probiren bestimmt. Dann folgt aus (41)

$$\alpha = \frac{2h^3 E(1+\mu^2)}{5pl^4} y_0, \quad . \quad . \quad . \quad (66)$$

aus (62)

$$S = \frac{(1-\alpha)pl^2}{2(f+y_0)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (67)$$

endlich die gröfste Inanspruchnahme

$$\sigma_{\max} = \frac{S}{h} + \frac{3\alpha pl^2}{h^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (68)$$

Beispiel. Für $2l = 100$, $f = 1$, $h = 1$ cm, $p = 0,2$ kg f. 1 qcm, $E(1+\mu^2) = 2200000$ kg f. 1 qcm, lautet (65) $y_0^3 + 3y_0^2 + 2,3\,y_0 = 0,42614$ und ist $y_0 = 0,153$ cm, $\alpha = 0,1077$, $S = 193,5$ kg f. 1 cm, $\sigma_{\max} = 193,5 + 161,6 = 355,1$ kg f. 1 qcm. Durch den Pfeil von nur einem Centimeter, den das Blech vor der Belastung besafs, sank also die Inanspruchnahme von 874,9, wie sie bei der ebenen Platte aufgetreten war, auf 355,1 herab.

8. Der Boden bilde eine flache Kugelhaube.

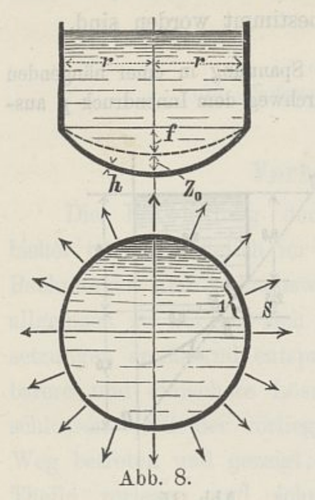


Abb. 8.

Bei einem flachen Kugelhängeboden, der um den Randkreis wippt, gestaltet sich anklingend an Absatz 5 die Rechnung wie folgt. Die Tragewirkung spricht sich in

$$z_0 = \frac{3}{16}(1-\mu)(5+\mu)\frac{\alpha p r^4}{h^3 E} \quad (50)$$

die Hängewirkung in

$$f + z_0 = \frac{(1-\alpha)\,p r^2}{4S} \quad (69)$$

aus, und aus (50) und (69) geht

$$Sf + Sz_0 + \frac{4h^3 E}{3(1-\mu)(5+\mu)r^2} z_0 = \frac{pr^2}{4} \quad (70)$$

hervor. Der Verlängerung $\frac{2}{3} \cdot \frac{2fz_0 + z_0^2}{r^2}$ der Längeneinheit des Bodenbogens bei der Durchbiegung entsprechend mufs

$$S = \frac{2}{3}\,\frac{2fz_0 + z_0^2}{r^2}\,\frac{hE}{1-\mu} \quad . \; . \; . \; (71)$$

sein. Die Vereinigung von (70) und (71) giebt für z_0 die Gleichung

$$z_0^3 + 3fz_0 + 2fz_0^2 + \frac{2h^2 z_0}{5+\mu} = \frac{3pr^4(1-\mu)}{8hE}. \quad (72)$$

Kennt man z_0, so erhält man nach (50)

$$\alpha = \frac{16h^3E}{3(1-\mu)(5+\mu)\,pr^4}\, z_0 \quad . \; . \; (73)$$

und aus (69)

$$S = \frac{(1-\alpha)\,pr^2}{4(f+z_0)} . \; . \; . \; . \; (74)$$

endlich die gröfste Zuginanspruchnahme in den untersten Fasern der Bodenmitte (wie in Absatz 5) zu

$$\sigma_{\max} = \frac{S}{h} + \frac{3}{8}(3+\mu)\frac{r^2}{h^2}\alpha p \quad . \; . \; . \; (59)$$

Beispiel. Für $h = 1$, $r = 70$ cm, $p = 0{,}2$, $E = 2000000$ kg f. 1 qcm, $\mu = 0{,}32$ lautet (72) $z_0^3 + 3z_0^2 + 2{,}376 z_0 = 0{,}6123$ und findet sich $z_0 = 0{,}203$ cm, $\alpha = 0{,}1246$, $S = 178{,}3$ kg f. 1 cm, $\sigma_{\max} = 330{,}3$ kg f. 1 qcm.

9. Der Boden bilde eine Umdrehungsfläche.

Wenn die Krümmung des Bodens, welcher eine Umdrehungsfläche mit lothrechter Achse bilden möge, nicht sehr flach ist, so bleibt es für die Ermittlung der Spannungen gleichgültig, ob man die ursprüngliche oder die durch den Wasserdruck veränderte Gestalt des Behälters betrachtet. Zunächst werde angenommen, dafs der Boden ein Innenboden, d. h. dafs er längs seines äufseren Randes unterstützt sei. Es werde nun ein von der Quadratform wenig abweichendes Trapez (vgl. Abb. 9) von der Höhe δ betrachtet, dessen Seiten von Parallelkreisstücken von der Länge $\delta \pm \varepsilon_1$ und von Meridianstücken von der Länge $\delta + \varepsilon_2$ gebildet werden. Wenn dann p den auf die Flächeneinheit lastenden Wasserdruck, S die auf die Längeneinheit des Parallelkreises in der Meridianrichtung und T die auf die Meridianeinheit in der Parallelkreisrichtung wirkende Zug- oder Druckspannung

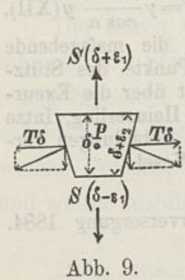


Abb. 9.

bezeichnet, so liefert die Vereinigung der Einzelkräfte folgende Mittelkräfte: den Wasserdruck $p\delta^2$ senkrecht zur Bodenfläche, ferner in der Meridianrichtung zwei Kräfte, die zusammen die Gröfse $2S\delta$ besitzen und senkrecht zu den Meridianseiten zwei Kräfte $T(\delta + \varepsilon_2)$, deren auf den mittleren Meridian senkrecht gerichteten Theilkräfte die Gröfse $T(\delta+\varepsilon_2)\cdot\frac{\delta}{\delta+\varepsilon_2} = T\delta$ haben. Da der Behälter eine Umdrehungsfläche bildet, kommen weitere Spannungen nicht vor, insbesondere, wenigstens bei dünnen Böden, keine senkrecht zur Schale gerichteten Scheerkräfte in den vier Randflächen des gewählten Trapezes. Führt man nun durch die Vierecksmitte P einen Schnitt senkrecht zum Meridian, also einen sogenannten Hauptschnitt, so erhält man eine Curve, die zwar in P den dortigen Parallelkreis berührt, aber nicht mit ihm zusammenfällt. Man kann nun das Viereck als zwei gekreuzte Hängeketten betrachten, welche zusammen $p\delta^2$ zu tragen haben und von denen die eine durch die Kräfte von der Summe $2S\delta$, die andere durch die beiden $T\delta$ gespannt wird. Die Mittelpunkte beider Kettenbögen liegen auf der Flächennormalen des Punktes P, nämlich auf einer Geraden, welche die Behälterachse schneidet und zugleich den Umrifs unter rechtem Winkel trifft. Die Krümmungshalbmesser der beiden Bögen sind aber verschieden, denn während die Lage des Mittelpunktes des Meridianbogens unbeschränkt ist, hat der zu ihm senkrechte Hauptschnittbogen seinen Mittelpunkt auf der Umdrehungsachse. Um dies zu beweisen, werde durch D sehr nahe an P (vgl. Abb. 10) ein Parallelkreis durchgelegt, dessen Halbmesser nahezu x beträgt, wenn x den Abstand des Punktes P von der Behälterachse bezeichnet. Dieser Parallelkreis treffe den Hauptschnitt in den Punkten A und B. Dann gilt für den Pfeil des Parallelbogens

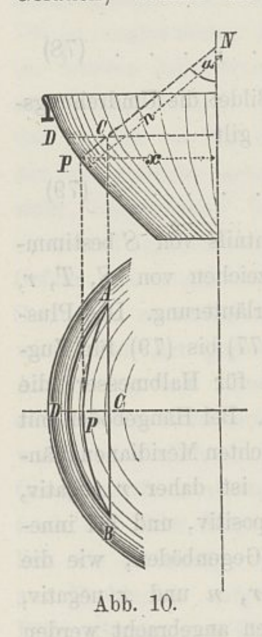


Abb. 10.

$$\overline{CD} = \frac{\overline{AB}^2}{8x} \quad . \; . \; . \; . \; . \; (75)$$

Der Pfeil des Schnittbogens APB ist nun

$$\overline{CP} = \overline{CD}\sin\alpha = \frac{\overline{AB}^2}{8x}\sin\alpha$$

und da der zugehörige Halbmesser $\overline{AB}^2 : 8CP$ sein mufs, folgt, dafs er die Länge*)

$$n = \frac{x}{\sin\alpha} \quad . \; . \; . \; . \; . \; (76)$$

besitzt, welche von P aus aufgetragen in der That zu dem Schnittpunkte N der Normalen mit der Umdrehungsachse führt. Sucht man jetzt die dem Wasserdrucke pS^2 entgegengerichteten Theilkräfte der Bodenspannungen des betrachteten Trapezes auf, so folgt (vgl. Abb. 11) für den Meridianschnitt,

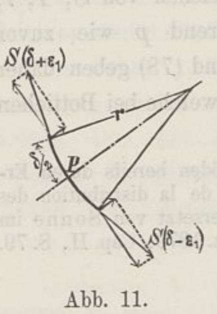


Abb. 11.

*) Gl. (76) geht, nebenbei bemerkt, auch unmittelbar aus dem Meusnierschen Satz hervor.

dafs $S(\delta+\varepsilon_1)$ eine Theilkraft $S(\delta+\varepsilon_1)\frac{\delta}{2r}$ und $S(\delta-\varepsilon_1)$ eine solche $S(\delta-\varepsilon_1)\frac{\delta}{2r}$ liefert. Für den Hauptschnittbogen, an dessen Endpunkten die beiden $T\delta$ angreifen, folgen in gleicher Weise zwei Theilkräfte $T\delta\cdot\frac{\delta}{2n}$. Das Gleichgewicht erfordert nun, dafs

$$S(\delta+\varepsilon_1)\frac{\delta}{2r}+S(\delta-\varepsilon_1)\frac{\delta}{2r}+T\frac{\delta^2}{n}=p\delta^2$$

oder dafs

$$\frac{S}{r}+\frac{T}{n}=p \quad \ldots\ldots \quad (77)$$

sei. Die Gröfse von S ergiebt sich daraus, dafs die lothrechten Theilkräfte sämtlicher S eines Parallelkreises dem Gewichte G der (in Abb. 12 gestrichelten) innerhalb dieses Kreises auf dem Boden lastenden Wassermenge gleich sein müssen. Ist der Meridian in P unter dem Winkel α geneigt, so gilt also*)

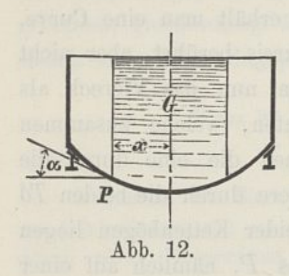


Abb. 12.

$$2\pi x S \sin\alpha = G$$

oder

$$S=\frac{G}{2\pi x \sin\alpha} \quad \ldots\ldots \quad (78)$$

Kennt man S, so folgt T aus (77). Bildet die Umdrehungsfläche einen Kegel, so ist $r=\infty$ und gilt

$$\frac{T}{n}=p \quad \ldots\ldots \quad (79)$$

In diesem Falle ist T auch ohne Kenntnifs von S bestimmbar. Endlich bedürfen noch die Vorzeichen von S, T, r, n und x einer Erläuterung. Das Pluszeichen gilt in (77) bis (79) für Zugspannungen und für Halbmesser, die im Wasser liegen. Bei Hängeböden mit nach innen gebauchten Meridianen (hängenden Kelchen) ist daher r negativ, S, T, n und x positiv, und bei inneren Stützböden (Gegenböden, wie die Innenhaube von Abb. 13) ist S, T, r, n und x negativ, sodafs eine Versteifung gegen Einknicken angebracht werden mufs.

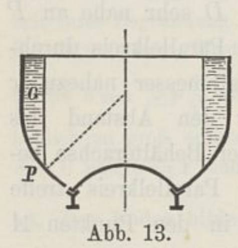


Abb. 13.

Die Formeln (77), (78) und (79) gelten auch für Aufsenböden, also für vorkragende Wandungen, wenn man unter G nunmehr (vgl. Abb. 13) das Gewicht der Wassermasse aufserhalb des lothrechten Cylinders versteht, dessen Grundlinie der durch P gehende Parallelkreis ist, und man dieses Gewicht als negativ betrachtet. Für die Zeichen von S, T, r, n und x gilt das schon gesagte, während p wie zuvor stets positiv bleibt. Die Formeln (77) und (78) geben daher mit einem Schlage alle Spannungen an, welche bei Bottichen verschiedener Form auftreten können und bisher**) nur nach einem umständlichen Verfahren bestimmt worden sind.

*) Formel (78) hat für hängende Kugelböden bereits deren Erfinder Dupuit im „Traité de la conduite et de la distribution des eaux, Paris 1854" S. 243 veröffentlicht. Uebersetzt von Sonne im Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften, Leipz. 1879, Cap. II, S. 79.

Beispiele. Wie grofs ist die Spannung in einer hängenden Kugel, vom Halbmesser r, welche durchweg dem Innendruck p ausgesetzt ist? Aus (77) und (78) folgt

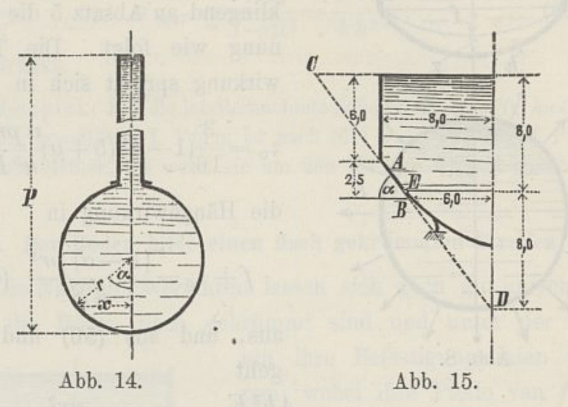


Abb. 14. Abb. 15.

$$S=T=\frac{G}{2\pi x \sin\alpha}=\frac{\pi x^2 p}{2\pi x \sin\alpha}=\frac{pr}{2} \quad \ldots \quad (80)$$

Es sei die Blechstärke des Kegelstutzens AB des in Abb. 15 dargestellten Bottichs zu bestimmen. Unterhalb B schliefse sich ein Kugelboden an. Bei Aufsenböden bedeutet G das negative Gewicht der äufseren Wassermasse und findet sich für den Punkt des Stutzens mit dem gröfsten Wasserdruck, d. i. für B zu $-\pi\cdot 64\cdot 9{,}33+\pi\cdot 36\cdot 11=-\pi\cdot 201{,}12$ ton, sodafs sich nach (78) $S=-\pi\cdot 201{,}12:2\pi\cdot 6{,}0\cdot 0{,}781=-21{,}46$ ton für 1 m oder $=214{,}6$ kg Druck f. 1 cm ergiebt. Nach (79) ist $T=np$ und da p proportional mit der Tiefe unter dem Spiegel und n proportional mit der Höhe über der Kegelspitze D wächst, hat T in halber Höhe zwischen C und D d. i. im Punkte E und nicht etwa wie S im Punkte B seinen Scheitelwerth.***) In E ist $n=8{,}196$, $p=8{,}0$ und daher nach (79) $T=65{,}57$ ton für 1 m oder 655,7 kg Zug für 1 cm, also dem Zifferwerth nach gröfser als das gröfste S und für die Blechstärke des Stutzens AB mafsgebend. Wird das gelochte Blech bis zu 750 kg f. 1 qcm zwischen den Nieten oder das volle bei doppelreihiger Nietung bis zu 450 kg in Anspruch genommen, so hat es demnach eine Dicke von $655{,}7:450=1{,}5$ cm zu erhalten.

Auf die Berechnung der die Bleche begrenzenden Druckringe und der Versteifungen soll hier nicht weiter eingegangen werden. Für hängende Kugelböden hat bereits Dupuit†) das nöthige angegeben. Für andere Formen werde auf den schon genannten Vortrag††), sowie auf Reuleaux Constructeur, 4. Aufl., Braunschweig 1887—9, verwiesen.

**) Forchheimer: Ueb. eiserne Wasser-, Oel- u. Gasbehälter-Bassins nach den Berechnungen u. Constructionen des Prof. Intze in Aachen, Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung 1884. Bei dieser Gelegenheit werde auch Gl. XII. des genannten Aufsatzes richtig gestellt. In dem vorangehenden Ansatze steht $dS\cdot\sin\alpha\, 2y$ statt $d(S\sin\alpha\, 2y)$. Die richtige Entwicklung liefert $T=\gamma\frac{H-x}{\cos\alpha}y$ (XII).

***) Es tritt sogar häufig der Fall ein, dafs die mafsgebende Spannung T ihren gröfsten Werth im höchsten Punkte des Stützbodens hat, wie z. B. bei den beiden im „Bericht über die Excursionen der Bau-Ingenieure unter Leitung des Prof. Heinzerling, Intze u. Forchheimer, Aachen, 1888" mit eingehenden Abbildungen veröffentlichten Intzeschen Behältern in Düren und Wesel.

†) Am angegeb. Orte.

††) Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1884. S. 70.

Berechnung der Staumauern.[1])

Von Franz Kreuter,
ord. Professor der Ingenieurwissenschaften an der Königl. bayerischen technischen Hochschule in München.

Vorbemerkung.

Die Entwicklung der Staumauerquerschnitte erschien bisher nur als möglich im Wege weitschweifiger elementarer Rechnungen und versuchsweiser Annahmen. So pflegte man allgemach zu Formen sich durchzuarbeiten, die den Voraussetzungen annähernd entsprachen. Eine strengere, unmittelbarere und einfachere Lösung der Aufgabe galt für ausgeschlossen. Mit der vorliegenden Arbeit wird nun ein neuer Weg betreten und gezeigt, wie man die Aufgabe in einzelne Theile zerlegen und schrittweise einer rechnungsmäfsigen Behandlung zugänglich machen kann, welche gerade zum Ziele führt.

Die zur Erleichterung der Rechnung als statthaft erachteten Vernachlässigungen sind höchst unerheblich. Wenn man einen nach vorliegendem Verfahren berechneten Mauerquerschnitt im Mafsstabe 1 : 200 aufträgt, so wird sich durch die statische Untersuchung auf zeichnerischem Wege eine Ungenauigkeit kaum nachweisen lassen. Mit Hülfe der gewonnenen neuen Gesichtspunkte liefse sich übrigens auch auf jene Vernachlässigungen noch Rücksicht nehmen und die Genauigkeit beliebig weit treiben.

Die Rechnungen sind keineswegs schwieriger und verwickelter als wir sie nach dem heutigen Stande der Wissenschaft für andere grofse Bauwerke — wie eiserne Brücken — durchzufüren gewohnt sind, und jedenfalls viel einfacher als das seitherige Vorgehen.

I. Einleitung.

Ursprung und bisheriger Stand der Theorie der Staumauern.

Der Gedanke, den Querschnitten von Staumauern eine solche Gestalt zu geben, dafs die Art und Gröfse der Beanspruchung gewisse Grenzen unter keinen Umständen überschritte, die Standsicherheit in Bezug auf jede gedachte wagerechte Lagerfläche die nämliche bliebe und sohin auch die gröfstmögliche Ersparung an Gemäuer erzielt würde, ist zuerst im Jahre 1850 von dem französischen Ingenieur de Sazilly ausgegangen.[2]) Den französischen Meistern Graeff, Delocre und Montgolfier gebührt das Verdienst, die erste wissenschaftliche Lösung der Aufgabe ins Werk gesetzt und die gröfste bis in die neueste Zeit bestehende Staumauer, nämlich jene im Gouffre d'enfer bei St. Etienne, für den Furens, einen Nebenflufs der Loire, erbaut zu haben.

Die durch Graeff aufgesellten Grundsätze für die Ausführung von Staumauern[3]) sind mustergültig und sollten von jedem Ingenieur gelesen werden, der einen solchen Bau auszuführen im Begriffe steht. Die statischen Untersuchungen, welche Delocre, den Grundgedanken de Sazillys aufnehmend und weiter ausbildend, im Auftrage Graeffs anstellte, haben zu einem Querschnittvorbilde geführt, welches bei allen späteren Ausführungen als Muster gedient hat, obschon es den Anforderungen keineswegs so genau entspricht, wie wir es von den Ergebnissen der auf andere Bauwerke bezüglichen statischen Berechnungen heutzutage verlangen.

Delocre[4]) ist bei seinen Untersuchungen von denselben Bedingungen ausgegangen wie de Sazilly, nämlich:

1) dafs die zulässige Grenze des Randdruckes nirgends überschritten werde,

2) dafs nirgends ein Gleiten eintrete.

Letzteres ist überhaupt noch nie beobachtet worden.

Staumauern sind bis jetzt — von schlechter Gründung abgesehen — wohl nur wegen Nichterfüllung der ersten Bedingung zu Grunde gegangen, oder vielleicht auch dadurch, dafs, wegen allzugrofser Ungleichartigkeit des Gefüges, die bei keinerlei Gemäuer zu vermeidenden Setzungen zu Ueberanstrengungen oder Rissen und Trennungen geführt haben. Um so unglaublicher aber erscheint es, wenn man liest, dafs bei neueren Ausführungen, in der Absicht, jedes Gleiten unmöglich zu machen, „Steine verschiedener Gröfse verwendet und jeweils von Zeit zu Zeit langgeformte Felsstücke, in der Art von aufrecht stehenden Bindern auf die hohe Kante gestellt, eingemauert“ wurden. Man hat also aus Furcht vor einer bei geschickter Ausführung gar nicht vorhandenen Gefahr das möglichste gethan, um die Gleichmäfsigkeit der Setzungen zu unterbrechen und somit bei Gemäuer der allerwichtigsten Art gegen eine der ersten Grundregeln für die Ausführung von Mauerwerk verstofsen.[5]) Die von Delocre aufgestellten Differentialgleichungen der Querschnittcurven erwiesen sich als nicht integrirbar, was ihn dahin führte, seine Querschnittform absatzweise, von oben nach unten fortschreitend, aus einer Folge von Trapezen zusammenzusetzen, ähnlich wie de Sazilly, schon 1853, einen Staumauerquerschnitt aus Rechtecken aufgebaut hatte. Delocre unterschied zwei Fälle: Staumauern für weite Thäler, welche er als Körper auf wagerechter Unterlage und im Grundrifs geradlinig verlaufend behandelt, und Staumauern für enge Thäler, die er im Grundrifs bogenförmig gestaltet, erhaben gegen die Wasserseite, und welche, indem ihre Enden gegen die Thalwände sich stemmen, eine ihre Standfähigkeit erhöhende Gewölbwirkung äufsern und daher auch geringere Mauerdicken erfordern sollen. Die elementar durchgeführten Berechnungen Delocres sind natürlich höchst weitschweifig.

Im Jahre 1870 veröffentlichte J. B. Krantz[6]) eine Sammlung von Musterplänen für Staumauern verschiedener Gröfse. Den nach de Sazillys und Delocres Vorgange durchgeführten Berechnungen liegt die Annahme eines Einheitgewichtes von 2,3 t/cbm und einer zulässigen Beanspruchung

1) Im Auszuge vorgetragen vor der Institution of Civil-Engineers in London am 21. November 1893.

2) Sur un type de profil d'égale résistance proposé pour les murs de réservoirs d'eau. Ann. d. p. et ch. 1853. II. Seite 191.

3) Rapport sur la forme et le mode de construction du barrage du gouffre d'enfer, sur le Furens, et les grands barrages en général. Ann. d. p. et ch. 1866. II. Seite 184.

4) Delocre, sur la forme du profil à adopter pour les grands barrages en maçonnerie des réservoirs. Ann. d. p. et ch. 1866. II. Seite 212.

5) Vgl. Graeff, a. a. O. S. 203: „Une des conditions essentielles dans de pareils massifs est d'ailleurs de ne pas employer de matériaux d'échantillon trop différent.“

6) Etude sur les murs de réservoirs, Paris, Dunod. 1870.

auf Druck von 60 t/qm für das Gemäuer zu Grunde. Die Mauerquerschnitte sind beiderseits durch Kreisbögen begrenzt, wobei selbstverständlich der theoretisch richtigen Gestalt mehr oder weniger Gewalt angethan wird; denn, wenn man bei der Berechnung die ziemlich verwickelten Kraftwirkungen nur halbwegs gelten läfst, so können die sich ergebenden Curven begreiflicherweise nicht von der einfachsten Art sein. In den Erläuterungen werden übrigens sehr gesunde und beherzigenswerthe Anschauungen geäufsert.

Einen werthvollen Beitrag zur Bestimmung von Staumauerquerschnitten verdanken wir Rankine[7]) in Gestalt eines Berichtes über die vorerwähnten französischen Arbeiten, den er, anläfslich in Indien auszuführen gewesener Bauten dieser Art, im Jahre 1871 verfafst hat. Hätte den grofsen Forscher nicht bald darauf schon der Tod ereilt, so würde er wahrscheinlich auch auf diesem Gebiete Licht verbreitet haben. Die in Rankines Todesjahr veröffentlichte Arbeit scheint weniger bekannt geworden zu sein, als sie verdiente. Rankine fügt den durch de Sazilly aufgestellten Bedingungen für den sicheren Bestand von Staumauern noch zwei sehr wesentliche hinzu, nämlich:

3) dafs der lothrecht gemessene Randdruck in dem Mafse abnehmen sollte, als die Mauerböschung flacher wird; denn die Richtung, in welcher der Druck zwischen den Theilchen am Mauerhaupte auftritt, sei nothwendigerweise die einer Berührenden am Mauerhaupte, und der auf die gewöhnliche Art gefundene lothrechte Randdruck sei nicht der ganze Druck, sondern nur seine lothrechte Seitenkraft. Wofern also die äufsere Mauerböschung flacher sei, als die innere, so solle der Grenzwerth für den äufseren, lothrecht gemessenen Randdruck niedriger angesetzt werden, als für den inneren.[8])

4) dafs — worauf die französichen Ingenieure noch nicht Bedacht genommen hatten — an keiner Stelle des Gemäuers eine beachtenswerthe Zugspannung auftreten dürfe, und zwar weder am äufseren Mauerhaupte bei leerem, noch am inneren bei vollem Teiche, d. h. die den beiden Fällen entsprechenden Stützlinien sollen nirgends aus dem mittleren Drittel der Kernfläche des Durchschnitts heraustreten.

Rankine schlug sodann einen beiderseits durch logarithmische Curven begrenzten Musterquerschnitt vor, bei welchem der lothrechte Randdruck von 9,8 kg/qcm auf der Wasserseite und von 7,6 kg/qcm auf der Landseite nicht überschritten wird. Die Annahme der logarithmischen Curven für die ganze Querschnittfigur ist eine willkürliche; allein es wird hierdurch den aufgestellten Bedingungsgleichungen, die wiederum als nicht integrirbar sich erweisen, mit einer für die Zwecke der Ausübung als genügend erachteten Annäherung entsprochen. Die Bogenform des Grundrisses hält Rankine für zweckmäfsig, weil sie einer, möglicherweise von lothrechten Sprüngen an der Landseite begleiteten Durchbiegung der Mauer nach aufsen durch den Wasserdruck vorbeugt, vorausgesetzt, dafs die Mauerenden sich fest gegen die Thalwände stemmen. Er ist jedoch, ebenso wie Krantz, der Ansicht, dafs die Berücksichtigung der Bogenwirkung bei der Berechnung unsicher und daher von zweifelhaftem Werthe sei. Im Uebrigen ist, was die Ausführung solcher Bauwerke betrifft, Rankines Abhandlung ebenso lesenswerth, wie jene von Graeff und von Krantz.

Nicht unerwähnt darf die treffliche Arbeit Harlachers[9]) bleiben, in der ein Verfahren zur statischen Untersuchung eines gegebenen Staumauerquerschnittes auf zeichnerischem Wege vollständig vorgeführt wird und auch sonst viel Lehrreiches enthalten ist. Die anderweiten, seither in Büchern sowohl als in Zeitschriften veröffentlichten Abhandlungen über den Gegenstand haben wesentliches zur Klärung und Förderung der Frage kaum beigetragen und können deshalb hier füglich übergangen werden.[10])

Bei den bekannt gewordenen Entwürfen von Staumauern hat man sich meist damit begnügt, von den französischen Mustern auszugehen, und getrachtet, dieselben durch versuchsweises Abändern und Nachrechnen allmählich dem gegebenen Falle thunlichst entsprechend zu gestalten. Wenn man aber gewisse Voraussetzungen macht, und wenn man insbesondere nicht übersieht, wo die Grundlagen der Rechnung andere werden, dann ist es in der That möglich, auf rein mathematischem Wege die richtige Querschnittgestalt einer Staumauer von Fall zu Fall selbständig zu entwickeln, wie in nachfolgendem gezeigt werden soll.

II. Grundlagen der neuen Berechnungsweise.

A. Einschränkungen und Voraussetzungen.

Wir halten uns die durch de Sazilly und Rankine aufgestellten Bedingungen vor Augen, wie sie im vorigen Abschnitte unter 1 bis 4 angeführt wurden, machen aber folgende Voraussetzungen beziehungsweise Einschränkungen:

1) Der Wasserspiegel reiche bis an die Krone der Mauer.

2) Die lothrechte Seitenkraft des Wasserdruckes auf den vom Lothe abweichenden Theil der Stauwand werde vor der Hand vernachlässigt.

3) Auf die längs der Lagerflächen der Mauer wirkenden Schubkräfte nehmen wir keine Rücksicht.

Diese Annahmen vereinfachen zunächst die Rechnung. Die ersten beiden sind überdies zu gunsten der Sicherheit, und die dritte wird belanglos, wenn man, wie es schon die französischen Meister gethan, bei der Ausführung des Gemäuers entsprechend zu Werke geht.

Die erste Voraussetzung entspricht dem ungünstigsten Falle, welcher überhaupt denkbar ist, nämlich dem gröfsten Wasserdrucke, der jemals einzutreten vermag.[11])

Die von anderer Seite vorgeschlagene Untersuchung des Mauerquerschnittes auf „doppelte" Sicherheit, dahin gehend, ob eine dem doppelten Wasserdrucke entsprechende Stützlinie noch innerhalb der Querschnittfläche bleibt, hat keinen Sinn; denn es ist nicht begreiflich, woher, abgesehen vom Schlamm am Boden des Teiches, eine Flüssigkeit von der doppelten Schwere des Wassers kommen, und noch weniger, warum die Mauer, deren Standsicherheit man doch darauf gründet, dafs die Stützlinien innerhalb der Kernfläche bleiben, in dem

7) Report on the design and construction of masonry dams. The Engineer 1872, Seite 1.

8) Man vergleiche auch M. Bouvier's Arbeit in den Ann. d. p. et ch. 1875, II.

9) Das Reservoir im „bösen Loch" bei Komotau, Technische Blätter 1875, Seite 89 und 169.

10) Eine sehr stattliche Litteratur besitzen die Italiener. Ein ausführliches Verzeichnifs der betreffenden Schriften findet sich in dem Werke von Lueger „Die Wasserversorgung der Städte", 3. Heft.

11) Es würde selbstverständlich keinen Anstand haben, den Berechnungen auch einen beliebig niedrigeren Wasserstand zu Grunde zu legen. D. V.

Falle, wo eine Stützlinie gar bis an den Querschnittrand vorrückt, „doppelte" Sicherheit gewähren soll.

Man kann sich übrigens unschwer vergegenwärtigen, dafs an jeder wagerechten Schnittebene einer Mauer, wo der Druckmittelpunkt durch ein gegebenes Moment $\mathfrak{M}$ vom hinteren Kernrand an den vorderen verschoben wird, jene „doppelte Sicherheit" gegen ein Umkanten um den vorderen Rand der Schnittebene von Haus aus genau vorhanden ist.

Ueber die Gröfse des, der ersten Voraussetzung zu verdankenden Sicherheitsgrades kann man sich folgendermafsen Rechenschaft geben.

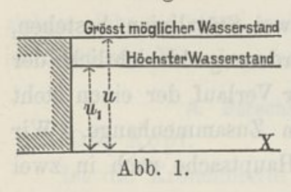


Abb. 1.

Es bezeichne (Abb. 1) u die Höhe der Mauerkrone über irgend einer wagerechten Schnittebene X; $u_1 = \nu u$, wo $\nu < 1$, die Höhe des gewöhnlichen Wasserstands im Teiche über der nämlichen Schnittebene. Die dem Wasserdruck ausgesetzte Wand sei lothrecht.

Dann ist, mit Bezug auf irgend eine zur Bildebene senkrechte Achse in der Ebene X, für die Länge Eins senkrecht zur Bildebene, das Moment des gröfstmöglichen Wasserdruckes

$$1) \quad \dots\dots \quad \mathfrak{M} = \frac{u^3}{6}\mathfrak{p};$$

das gröfste thatsächlich vorkommende Moment aber ist

$$2) \quad \dots \quad \mathfrak{M}_1 = \frac{u_1^{\,3}}{6}\mathfrak{p} = \frac{\nu^3 u^3 \mathfrak{p}}{6} = \nu^3 \mathfrak{M},$$

wo $\mathfrak{p}$ das Einheitsgewicht des Wassers bezeichnet.

Hier stellt also $\left(\frac{1}{\nu}\right)^3$ den Sicherheitsgrad dar, welcher durch die ersterwähnte Voraussetzung herbeigeführt wird.

Derselbe nähert sich, je weiter nach unten man die Wagerechte X wählt, stetig abnehmend, mehr und mehr der Einheit und wird andererseits um so gröfser, je weiter die betrachtete Fuge nach oben und in der Nähe der Stelle liegt, wo die Mauer dem Anpralle von Wellen und Eisschollen unmittelbar ausgesetzt ist und deren Stöfsen noch eine verhältnifsmäfsig geringe Masse entgegenzusetzen vermag.

Die der thatsächlichen gröfsten Füllung des Teiches entsprechende Stützlinie aber läfst sich leicht auffinden, nachdem man die der gröfstmöglichen, bis zur Mauerkrone reichenden Füllung entsprechende Stützlinie hergestellt hat. Es sei nämlich (Abb. 2) N der Druckmittelpunkt an der Wagerechten X bei leerem Teiche; M jener bei ganz vollem Teiche; M' der dem Wasserstande u_1 entsprechende; G das Gewicht des über der Wagerechten X liegenden Mauerklotzes; dann mufs sein

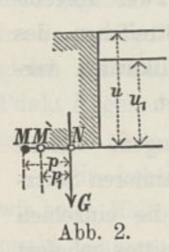


Abb. 2.

$$\mathfrak{M}_1 = G \cdot p_1; \; \mathfrak{M} = Gp; \text{ folglich}$$

$$3) \quad \dots\dots \quad \frac{p_1}{p} = \frac{\mathfrak{M}_1}{\mathfrak{M}} = \left(\frac{u_1}{u}\right)^3.$$

Die zweite Einschränkung, nämlich die Vernachlässigung der auf den nicht lothrechten Theil der Stützwand wirkenden lothrechten Seitenkraft des Wasserdruckes, führt zu Querschnittabmessungen, bei welchen im unteren Theile der Mauer, wo die Wirkung des Verhältnisses $\frac{u_1}{u}$ immer weniger zur Geltung kommt, die dem gefüllten Teiche entsprechende Stützlinie mehr gegen die Mitte hereinrückt und somit die lothrecht gemessene Randspannung an der Vorderböschung sich vermindert. Da ferner infolge der Einschränkungen 1) und 2) bei gefülltem Teiche die Randspannung an der Wasserseite nirgends bis ganz auf Null herabgeht, so besteht auch noch ein Ueberschufs an Sicherheit gegen ein Oeffnen der Fugen daselbst.[12]) Bei Mauern, deren Höhe bedeutend gröfser ist als die zulässige Belastungshöhe des Gemäuers, hat man indessen von der zweiten Einschränkung sich nachträglich freizumachen, wie dies im Schlufsabschnitte gezeigt wird.

B. Grundgestalt der Mauer und Gliederung ihres Querschnittes.

Die einfachste unter den günstigsten Querschnittformen, das sind Formen von durchaus gleicher Standsicherheit, wäre, wie Rankine schon in der 1864 erschienenen dritten Auflage (die früheren sind mir nicht zur Hand) seines „Manual of Applied Mechanics" gezeigt hat, das rechtwinklige Dreieck mit lothrechter Stützwand, und zwar besteht, wenn γ das specifische Gewicht des Gemäuers bezeichnet, und die Druckmittelpunkte aller wagerechten Schnitte an den Kernrändern liegen sollen, das einfache Verhältnifs (vgl. Abb. 3)

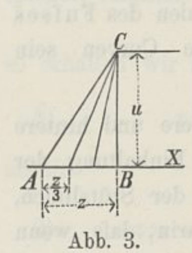


Abb. 3.

$$4) \quad \dots\dots \quad \frac{z}{u} = \frac{1}{\sqrt{\gamma}}.$$

Beide Stützlinien sind Gerade, welche das mittlere Drittel der Querschnittfigur begrenzen.

Wird aber der Teich nicht bis zum Rande C gefüllt, so kann, wegen der durch Gleichung (3) ausgedrückten Beziehung, die vordere Stützlinie keine Gerade mehr sein.

Die Mauer oben in einer scharfen Kante enden zu lassen, ist aber nicht thunlich, sondern letztere mufs mindestens zu einer Brüstung ausgebildet werden. Aufserdem pflegt man über die Krone einen Weg zu führen. Dies läfst sich bewerkstelligen mittels eines Bauwerkes aus Holz oder Eisen nach Art einer Jochbrücke, mittels Bogenstellungen, oder, indem man die Mauerkrone mit einem vollen rechtkantigen Mauerklotze enden läfst, dessen Kronenbreite der des Weges entspricht. (Abb. 4.) Die Breite k der Mauerkrone ist demnach in sofern willkürlich, als sie hauptsächlich von der Bauconstruction abhängt, welche man zur Führung des Weges im gegebenen Falle bevorzugt. Allein, auch wenn der Unterbau des Weges nicht aus einem vollen Mauerklotze besteht, mufs man sein Gewicht auf Mauerwerk zurückführen, d. i. einen für die Berechnung der Mauer, sowohl der Gröfse als der Vertheilung der Last nach, möglichst gleichwerthigen Mauerklotz anbringen, einen Belastungsersatzwerth einführen, wie dies auch bei der Berechnung anderer Bauwerke ähnlich zu geschehen pflegt. Je breiter aber die Krone, und je gröfser und schwerer somit jener wirkliche oder stellvertretende Mauerklotz, um so mehr wird nothwendigerweise die Gestalt des darunter liegenden Theiles von der dem ursprünglichen Dreikant zugehörigen Grundgestalt abweichen müssen.

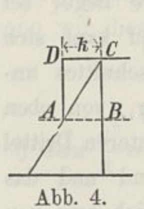


Abb. 4.

12) Auf diesen Umstand hat in einleuchtender Weise Unger hingewiesen (Centralblatt d. Bauv. 1892. S. 161). D. V.

Schon Delocre hat in seinem Mauerquerschnitte drei durch wagerechte Gerade getrennte Theile unterschieden, nämlich einen beiderseits lothrechten Kopftheil, einen mittleren Theil, von welchem er schlofs, dafs er an der Wasserseite noch lothrecht, aufsen aber nach einer Curve geböscht sein müsse, und den Fufstheil, welcher in jener Tiefe beginnt, wo an der lothrechten Stützwand bei leerem Teiche schon durch das Eigengewicht der Mauer der zulässige Grenzwerth der Randspannung hervorgebracht wird, und von wo an die Querschnittform beiderseits durch allmählich sich verflachende Curven zu begrenzen wäre. Aus dem in jedem Werke über Theorie der Bauconstructionen behandelten einfachsten Falle,[13]) wo die Gestalt des Unterbaues einer rechteckigen Mauer ermittelt wird, an deren Grundfläche der gleichförmig vertheilte Druck die zulässige Grenze erreicht, kann man schliefsen, dafs die Begrenzungslinien des Fufses eines Staumauerquerschnittes logarithmische Curven sein werden.

Die Unmöglichkeit, für die ganze vordere und hintere Begrenzung des Mauerquerschnittes, unter Einhaltung der aufgestellten Bedingungen für den Verlauf der Stützlinien, stetige Curven zu finden, liegt aber einfach darin, dafs, wenn man an den zu Grunde gelegten Bedingungen der Standsicherheit festhält, das Gesetz, nach welchem bei einmal festgesetzter Kronenbreite die Mauerdicken mit zunehmender Tiefe unter der Krone wachsen, kein stetiges sein kann. Delocre hat dies, wie oben angedeutet, auch theilweise erkannt; allein er hat gleichwohl bei seinem Versuch einer strengen Lösung übersehen, dafs auch für seinen Mitteltheil die Begrenzungen noch der Stetigkeit nothwendiger Weise entbehren müssen. Es ist nämlich zwischen Kopf und Rumpf noch ein Zwischenglied erforderlich, sodafs also nicht blofs drei, sondern vier durch wagerechte Gerade getrennte Gebiete des Staumauerquerschnittes zu unterscheiden sind, deren jedes für sich, jedoch im Anschlufs an das vorhergehende berechnet werden mufs, wie aus den nachfolgenden Erwägungen erhellt:

Der rechteckige Kopftheil kann nur der Bedingung genügen, dafs der Druckmittelpunkt bei vollem Teiche im vorderen Drittel seiner unteren Grundfläche liege; bei leerem Teiche liegt er in der Mitte. Der Kopf kann sich also unmöglich an einen Theil des Mauerquerschnittes unmittelbar anschliefsen, bei welchem durchweg, von oben bis unten, zugleich die hintere Stützlinie im hinteren Drittel verläuft. Letzteres würde, lothrechte Stauwand und das Grunddreikant vorläufig beibehaltend, erst möglich sein von einer Wagerechten EF (Abb. 5) an, welche in der Tiefe $2a$ unterhalb der Krone läge. Der vordere Druckmittelpunkt fiele aber dann, wie man sich leicht überzeugt, innerhalb des mittleren Drittels. Wir haben daher vor allem die Aufgabe, dies Uebergangsglied, welches der „Hals" heifsen möge, so zu gestalten, dafs an seiner unteren Begrenzung EF die beiden Druckmittelpunkte je an die Ränder des mittleren Drittels zu liegen kommen, wie es in dem nun folgenden Rumpfe

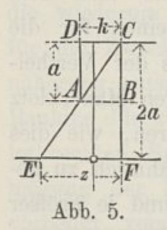


Abb. 5.

13) Vgl. z. B. Wittmann, Statik der Hochbauconstructionen, erster Theil, Seite 12.

durchweg der Fall sein soll. Der Rumpf endet, wo die Grenzhöhe oder zulässige Belastungshöhe erreicht wird, d. i. jene Höhe, bei welcher die Randspannungen bis zu der mit der Sicherheit verträglichen Gröfse gewachsen sind, und von wo an sie somit nicht mehr wachsen dürfen. Der hier sich anschliefsende Fufs sollte also an jedem wagerechten Schnitt die nämliche gröfste Randspannung aufweisen und zwar womöglich am Vorderrande bei vollem, am Hinterrande bei leerem Teiche.

III. Berechnung des Mauerquerschnittes.

Im Mauerquerschnitte sollen zwei Stützlinien bestehen, deren jede einer besonderen Anforderung hinsichtlich der Standsicherheit entspricht; allein der Verlauf der einen steht mit dem der anderen in gegebenem Zusammenhange. Wir werden also die Berechnungen der Hauptsache nach in zwei Theile gesondert durchzuführen haben.

A) Bekannt ist für jede Tiefe u der Wasserdruck auf den Aufrifs der Stauwand und sein Moment $\mathfrak{M}$ in Bezug auf einen beliebigen Punkt einer in jener Tiefe befindlichen wagerechten Schnittebene des Mauerkörpers; ferner das Verhältnifs des Abstandes der beiden Druckmittelpunkte an einer gegebenen wagerechten Schnittfläche zu deren Breite z, oder aber das Gesetz der Druckvertheilung über die Schnittfläche, wonach besagtes Verhältnifs sich berechnen liefse. Jener Abstand ist es aber, um welchen die Angrifflinie des über der betrachteten Wagerechten gelegenen Mauergewichtes durch das Hinzutreten des Momentes $\mathfrak{M}$ parallel verschoben wird. Aus diesen Angaben lassen die Mauerdicken z sich berechnen. Man vermag aber nach dem Ergebnifs dieser ersten Gruppe von Berechnungen bereits ein Bild des Mauerquerschnittes aufzuzeichnen, das zwar vorläufig noch in wagerechtem Sinne willkürlich verschoben, von welchem jedoch jeder beliebige, gröfsere oder kleinere wagerechte Streifen mit dem entsprechenden Streifen des wahren Mauerquerschnittes inhaltgleich ist, und welches Bild sohin mit dem wahren Mauerquerschnitte im ganzen wie im einzelnen dem Inhalte nach übereinstimmt. Dies beruht auf der Inhaltgleichheit aller Trapeze von gleichen Grundlinien und Höhen, welches Gesetz offenbar auf je zwei übereinstimmende ungemein schmale wagerechte Streifchen des wahren und des in wagerechtem Sinne willkürlich verschobenen Mauerquerschnittes Anwendung findet.

B) Nachdem die erste Gruppe von Rechnungen, welche vom Abstand zwischen der vorderen und der hinteren Stützlinie ausgeht, die Mauerdicken und somit die einzelnen Flächenstreifchen des wahren Mauerquerschnittes geliefert hat, liegt es uns ob, letztere dergestalt zurecht zu schieben und übereinander anzuordnen, dafs die Schwerlinie des oberhalb jeder beliebigen Wagerechten gelegenen Theiles des Mauerquerschnittes durch einen bestimmten Punkt jener Wagerechten geht; mit anderen Worten, wir haben in zweiter Reihe die Gleichung der hinteren, d. i. der bei leerem Teiche eintretenden Stützlinie aufzustellen. Wird danach diese Stützlinie gezeichnet und jede der vorherberechneten Mauerdicken so aufgetragen, dafs ihre Mitte den, durch das zu Grunde gelegte Gesetz der Druckvertheilung vorweg bestimmten Abstand von der Stützlinie hat, so ergiebt sich der wahre, allen Bedingungen entsprechende Mauerquerschnitt. Das Zu-

rechtschieben kann auf rechnerischem sowohl als auch auf zeichnerischem Wege erfolgen; im vorliegenden Aufsatze soll jedoch nur der erstere vorgeführt werden.

C) Liefern indessen die vorstehend angedeuteten und ohne Rücksicht auf die lothrechte Seitenkraft des Wasserdruckes ausgeführten Berechnungen eine derartige Querschnittgestalt, dafs die Vernachlässigung jener Seitenkraft als nicht mehr statthaft erscheint, so kann letztere nachträglich noch in Betracht gezogen und die nach A und B erhaltene Querschnittform entsprechend umgestaltet werden nach dem am Schlusse erklärten Verfahren. Alle die folgenden Berechnungen beziehen sich auf einen von zwei lothrechten Querschnittebenen im Abstande Eins begrenzten Mauerklotz.

A. Berechnung der Mauerdicken.

1) Der Kopf.

Ist die Kronenbreite k (Abb. 6) gegeben, so erhält man, wie nicht weiter ausgeführt zu werden braucht, die dem specifischen Gewicht γ des Gemäuers und der verlangten Lage des vorderen Druckmittelpunktes entsprechende Höhe des rechtkantigen Mauerklotzes $ABCD$ aus der Gleichung

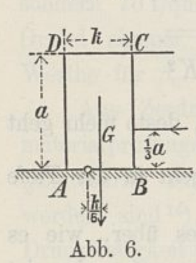


Abb. 6.

$$5) \quad \frac{a}{k} = \sqrt{\gamma}.$$

2) Der Hals.

Wir wollen die Aufgabe etwas allgemeiner stellen wie folgt:

Gegeben sei die obere Grundlinie e des Trapezes (Abb. 7); im Abstand ηe (wo $\eta < 1$) von ihrer Mitte greife ein Gewicht G_1 an. Die Höhe des Trapezes sei b. Gesucht werde die Länge z der unteren Grundlinie des Trapezes, sodafs, wenn richtige gegenseitige Lage der beiden Grundlinien AB und EF hergestellt ist, die Mittelkraft aus G_1 und dem Gewichte G_2 des trapezförmigen Klotzes im Abstand $^1/_6 z$ von der Mitte durch den Punkt P_1 dieser Grundlinie gehen müfste. Tritt aber eine gegebene wagerechte Seitenkraft hinzu, deren Moment in Bezug auf irgend einen Punkt der Wagerechten EF gleich $\mathfrak{M}$ sei, so soll alsdann die Mittelkraft durch den Punkt P_2 gehen, welcher im Abstande $^1/_6 z$ auf der entgegengesetzten Seite von P_1 mit Bezug auf die Mitte liegt.

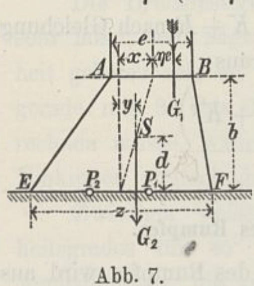


Abb. 7.

Wir haben folgende Gleichgewichtsbedingungen, wenn wir beide Male den vorderen Druckmittelpunkt P_2 als Drehpunkt nehmen:

$$6) \quad G_1\left(\eta e + x + \frac{z}{6}\right) + G_2\left(y + \frac{z}{6}\right) = (G_1 + G_2)\frac{z}{3};$$

$$7) \quad . \; . \; . \; . \quad (G_1 + G_2)\frac{z}{3} = \mathfrak{M}.$$

In dieser allgemeinen Fassung ermöglichen obige Gleichungen nicht allein die Berechnung des Halses, sondern auch des ganzen Rumpfes, wenn man sich nämlich, wie Delocre, mit der Annäherung begnügt, den Rumpf aus einer Folge von Trapezen aufzubauen. Giebt man, von AB nach unten, allen wagerechten Streifen des Querschnittes die nämliche Höhe b, so ist die Fläche oder auch das Gewicht jedes Streifens proportional seiner mittleren Breite. Wir wollen aber auch, zur Vereinfachung der Rechnung, die oberhalb AB gelegene Querschnittfläche F_1, welcher das Gewicht G_1 entspricht, auf die Höhe b zurückführen, und erhalten die entsprechende mittlere Breite

$$m = \frac{F_1}{b}.$$

Da nun, wenn $\mathfrak{g}$ das Einheitsgewicht des Gemäuers ist,

$$G_1 = F_1\mathfrak{g}, \quad G_2 = F_2\mathfrak{g},$$

$$F_1 = mb, \quad F_2 = (e+z)\frac{b}{2},$$

so geht Gleichung (7) über in

$$7\text{A}) \quad . \; . \; . \quad \left(m + \frac{e+z}{2}\right)z = \frac{3\mathfrak{M}}{b\mathfrak{g}}.$$

Ist u die Tiefe der Grundebene EF unter dem Wasserspiegel, folglich

$$\mathfrak{M} = \frac{u^3\mathfrak{p}}{6},$$

so erhalten wir aus (7A)

$$8) \quad . \; . \quad z^2 + (2m+e)z = \frac{u^3\mathfrak{p}}{b\mathfrak{g}}; \; \frac{\mathfrak{g}}{\mathfrak{p}} = \gamma,$$

mithin

$$9) \quad . \quad z = -\frac{2m+e}{2} + \sqrt{\frac{u^3}{b\gamma} + \left(\frac{2m+e}{2}\right)^2}.$$

Nach Gleichung (9) könnte also eine stufenweise Berechnung der Mauerdicken z von Hals und Rumpf erfolgen und ein Bild davon, vorläufig willkürlich in wagerechtem Sinne verschoben, aufgezeichnet werden. Wir wollen indessen diese Gleichung lediglich für das trapezförmig angenommene Halsstück verwenden.

Es handelt sich nun zunächst um angemessene Festsetzung der Höhe b. Wenn wir uns vergegenwärtigen, dafs die zu findende Querschnittform so zu sagen nur eine Ausartung des Grunddreieckes (Abb. 3) ist, so erscheint es jedenfalls statthaft, überall, wo dies in ungezwungener Weise geschehen kann, auf jenes Grunddreieck zurückzugreifen. Wir wollen demnach den in Abb. 5 dargestellten Fall zu Grunde legen und

$$b = a$$

machen. Hierdurch wird $m = e = k$; auch setzen wir der Kürze halber $b + a = 2a = h$, wodurch auch $u = h$ wird; und, wenn wir dies alles in Gleichung 8) einführen, so ergiebt sich

$$z_1{}^2 + 3kz_1 = \frac{2h^2}{\gamma};$$

weil aber $\frac{h^2}{4} = k^2\gamma$ (nach Gleichung 5), so folgt

$$z_1{}^2 + 3kz_1 = 8k^2$$

$$\frac{z_1}{k} = -\frac{3}{2} + \sqrt{8 + \frac{9}{4}} = 1{,}7015,$$

$$10) \quad . \; . \; . \; . \; . \quad z_1 = 1{,}70k.$$

3) Der Rumpf.

Wiewohl die vorhin aufgestellte Gleichung 9) bereits eine Berechnung der Mauerdicken des Rumpfes auf elementarem Wege gestattet, so soll doch noch die genaue Berechnung vorgeführt werden, die sich zugleich wegen ihrer gröfseren Einfachheit für die Anwendung empfiehlt.

Es bezeichne (Abb. 8) z die Mauerdicke an einer beliebigen wagerechten Schnittebene HJ in der Tiefe t unterhalb des Halsansatzes EF, sohin in der Tiefe $t + h$ unterhalb der Krone. N sei der, auf die (senkrecht zur Bild-

ebene gemessene) Längenheit der Schnittebene HJ ausgeübte Gesamtdruck, dessen Mittelkraft durch das hintere Drittel gehen, und der sich somit über die Ebene HJ derart vertheilen soll, dafs die Spannung am Rande H zu Null wird. Wir nehmen sonach an, dafs der oberhalb HJ befindliche Theil der Querschnittfigur bereits richtig gestellt sei, und behalten uns vor, diese Annahme nachträglich zu verwirklichen.

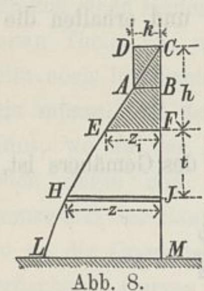


Abb. 8.

$\mathfrak{M}$ sei, mit Bezug auf eine in der Ebene HJ gelegene, auf der Bildebene senkrechte Achse, das statische Moment des Wasserdruckes auf die Länge Eins des Aufrisses der Stauwand JC. Dies Moment soll eine Verschiebung der Angrifflinie der Mittelkraft N um $^1/_3 z$ nach vorn bewirken, worauf die Randspannung bei J zu Null wird.

Dann haben wir die Bedingungsgleichung

$$11) \quad \ldots \quad 0 = \frac{N}{z} - \frac{3\mathfrak{M}}{z^2}.^{14)}$$

Der Theil $EFCD$ des Mauerquerschnittes, welcher Kopf und Hals umfafst, kann ausgerechnet werden und sei K. Der oberhalb der betrachteten Wagerechten HJ befindliche Theil $HJFE$ der Querschnittfläche des Rumpfes werde durch R bezeichnet; dann ist

$$N = (K+R)\mathfrak{g},$$

und da $\mathfrak{M} = \frac{(h+t)^3}{6}\mathfrak{p}$, $\frac{\mathfrak{g}}{\mathfrak{p}} = \gamma$, so folgt aus 11)

$$z(K+R) = \frac{(h+t)^3}{2\gamma} \quad \text{oder}$$

$$12) \quad \ldots \ldots \quad z = \frac{1}{2\gamma} \cdot \frac{(h+t)^3}{K+R}.$$

Wenn wir nun t um dt wachsen lassen, so nimmt R zu um $dR = z\,dt$, wonach

$$13) \quad \ldots \ldots \quad z = \frac{dR}{dt}.$$

Durch Einführung dieses Werthes in 12) ergiebt sich

$$(K+R)dR = \frac{(h+t)^3}{2\gamma}dt, \text{ mithin}$$

$$KR + \frac{R^2}{2} = \frac{(h+t)^4}{8\gamma} + C;$$

für $t=0$ wird $R=0$, somit erhält man $C = -\frac{h^4}{8\gamma}$, und

$$R^2 + 2KR = \frac{(h+t)^4 - h^4}{4\gamma}$$

$$14\,A) \quad . \quad K+R = \sqrt{\frac{(h+t)^4 - h^4}{4\gamma} + K^2};$$

dies in die Gleichung 12) gesetzt, giebt

$$14) \quad . \quad . \quad z = \frac{1}{2\gamma} \times \frac{(h+t)^3}{\sqrt{\frac{(h+t)^4 - h^4}{4\gamma} + K^2}}.$$

Je gröfser t wird im Verhältnifs zu h, desto mehr geht $\frac{z}{h+t}$ gegen $\frac{1}{\sqrt{\gamma}}$ und die Querschnittform geht in der Tiefe allgemach wieder in die des Grunddreieckes über, wie es auch nicht anders sein kann. Die Randspannung aber ist stets am einen Rande Null, während sie am anderen Rande einen mit t zunehmenden Werth β besitzt. Hiervon kann man sich leicht überzeugen, wenn man bedenkt, dafs in Gleichung 11): $\frac{N}{z} = \frac{\beta}{2}$.

Setzt man hierin $N = (K+R)\mathfrak{g}$; $K+R$ nach Gleichung 14 A) und z nach 14), so kommt heraus:

$$\beta = \frac{4\mathfrak{g}\gamma\left(\frac{(h+t)^4 - h^4}{4\gamma} + K^2\right)}{(h+t)^3}.$$

IV. Grenze für die Höhe des Rumpfes.

Der Grenzwerth t_0 für die Höhe des Rumpfes wird aus der Bedingung gefunden, dafs die Randspannung β einen bestimmten Werth β_0 nicht überschreiten soll. Indem man in der Grundgleichung 11) $\frac{N}{z_0} = \frac{\beta_0}{2}$ setzt, ergiebt sich

$$15) \quad \ldots \ldots \quad \frac{6\mathfrak{M}}{z_0^2} = \beta_0.$$

Zur Vereinfachung schreiben wir $t_0 + h = u_0$, wodurch

$$\mathfrak{M} = \frac{u_0^3\mathfrak{p}}{6}, \text{ und}$$

$$16) \quad \ldots \ldots \quad u_0^3\mathfrak{p} = z_0^2\beta_0.$$

Beim Grunddreieck wäre $\frac{u_0'^2}{z_0^2} = \gamma$, daher

$$16\,A) \quad \ldots \ldots \quad u_0' = \frac{\beta_0}{\mathfrak{g}}.$$

Man kann u_0 am bequemsten durch Versuchsrechnungen bestimmen, indem man vom Werthe u_0', der für das Grunddreieck gilt, ausgeht.

Soll nicht die lothrecht, sondern die längs der vorderen Böschung gemessene Randspannung den Grenzwerth β_0 haben, so ist

$$17) \quad \ldots \ldots \quad \beta_0' = \beta_0 \cos\vartheta$$

in die Rechnung einzuführen, wobei genau genug der

14) Wir haben es hier zu thun mit einer Biegungspannung durch nicht senkrecht zur Stabachse wirkende äufsere Kräfte, und zwar mit dem einfachen Falle, wo die Kraftebene mit einer Hauptachse zusammenfällt.

Es sei y der Abstand eines unendlich kleinen Theilchens der Angriffläche von der mit der Nullachse gleichlaufenden Schwerpunktachse; Θ das Trägheitsmoment, A die Gröfse der Angriffläche und $\mathfrak{N}$ das Drehungsmoment um jene Schwerpunktachse; dann ist die in dem Theilchen auftretende Spannung, wie in jedem Lehrbuche entwickelt wird, allgemein

$$a) \quad \ldots \ldots \quad \delta = \frac{N}{A} + \frac{\mathfrak{N}y}{\Theta},$$

wobei y positiv oder negativ zu nehmen ist, je nachdem das betrachtete Flächentheilchen und der Angriffpunkt der Kraft N auf ein und derselben Seite oder auf entgegengesetzten Seiten der Schwerpunktachse sich befinden.

In unserem Falle nun handelt es sich zunächst um die Randspannung β und ist somit statt y die Profilweite e einzuführen, wodurch $\frac{\Theta}{y}$ übergeht in $\frac{\Theta}{e}$; aufserdem ist wegen der Rechteckform der Angriffläche (Länge = 1)

$$A = z, \quad \frac{\Theta}{e} = \frac{z^2}{6},$$

wodurch aus Gleichung a) wird

$$b) \quad \ldots \ldots \quad \beta = \frac{N}{z} \pm \frac{6\mathfrak{N}}{z^2}.$$

Ferner bezieht sich das Drehmoment $\mathfrak{N}$ auf die Mitte unserer rechteckigen Angriffläche, und zwar soll für unsere Zwecke sein

$$\mathfrak{N} = \frac{1}{6}zN.$$

Weil aber dem Momente $\mathfrak{M}$ der wagerechten Seitenkraft des Wasserdruckes das Gleichgewicht gehalten werden soll durch das Moment der Kraft N am Arme $\frac{z}{3}$, so ist in Gleichung b) einzuführen

$$\mathfrak{N} = \frac{1}{6}zN = \frac{1}{2}\cdot\frac{z}{3}N = \frac{1}{2}\mathfrak{M},$$

und zwar entspricht alsdann dem oberen Vorzeichen in Gleichung b) die Spannung β am einen Rande, dem unteren die Spannung Null am entgegengesetzten Rande, was eben durch Gleichung 11) ausgedrückt wird.

Böschungswinkel ϑ dem Grunddreiecke entnommen wird, für welches

$$18) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \tan\vartheta = \frac{u}{z} = \sqrt{\gamma}.$$

Man hat es also eigentlich mit zweierlei Belastungshöhen zu thun: einer geringeren an der Aufsenseite und einer gröfseren an der Innenseite.

Was nun die Gröfse der zulässigen Beanspruchung β_0 betrifft, so können darüber die Anschauungen weit auseinander gehen. Krantz[15]) empfiehlt eindringlichst, mit β_0 nicht höher zu gehen, als bis 60 t/qm. Thatsächlich ist aber diese Grenze bei keiner ausgeführten Staumauer eingehalten, und bei jener im Furens sogar beträchtlich überschritten, weil man dort, statt mit dem wirklichen Einheitgewichte des Gemäuers von $\mathfrak{g} = 2300$ kg, nur mit $\mathfrak{g} = 2000$ kg gerechnet hat, sodafs an der ungünstigsten Stelle nicht 60 sondern 70 t/qm sich herausstellen. Bouvier befürwortet auf Grund eigener Versuche die Annahme wesentlich höherer Werthe für β_0.

Aus Zerdrückversuchen, welche 1878 von der Baumaterialprüfungsstation in Berlin angestellt und zuerst in der „Zeitschrift für Bauwesen" 1880, S. 553, veröffentlicht worden sind[16]), geht hervor, dafs das Verhältnifs φ der Druckfestigkeit von Gemäuer zu der des unvermauerten Steines in hohem Mafse abhängt vom verwendeten Mörtel. So fand sich bei Cementmörtel aus

Cement . . .	1 . . .	1
Sand	6 . . .	3
	$\varphi = 0{,}55$	0,63.

Die Druckfestigkeit guten Gemäuers ist demnach eine sehr hohe, und zugegeben, dafs ein Ueberschufs an Sicherheit geboten sei, so ist doch nicht einzusehen, warum man gerade mit 35 bis 120 facher Sicherheit gegen Zerdrücken rechnen müsse, während die Sicherheit der Mauer gegen ein Umkippen vielfach geringer ist.

Zwischen weiser Vorsicht bei Bemessung des Sicherheitsgrades für so wichtige Bauwerke und übertriebener Aengstlichkeit, die zu grofsartiger Verschwendung führt, ist doch ein weiter Abstand. Eine vom Verfasser vorgenommene Berechnung der Furensstaumauer hat ergeben, dafs bei $\beta_0 = 10$ kg, $u_0 = 50$ m geworden, und fast der ganze Mauerquerschnitt, vom Halsansatze abwärts, als „Rumpf" nach Gleichung 14) hätte berechnet werden können. Man dürfte daher vollkommen sicher gehen, wenn man

1) eine gröfsere Anzahl möglichst grofser Versuchskörper, die in gleicher Weise gemauert wären, wie die herzustellende Staumauer, zerdrückte; —

2) den kleinsten der erhaltenen Werthe der Druckfestigkeit der Versuchswürfel als Mafs für die Druckfestigkeit des Gemäuers annähme; und vielleicht noch

3) an der äufseren Fläche festeres Gemäuer herstellte als an der inneren, sei es durch Verwendung härteren Steines oder cementreicheren Mörtels.

Für die Wahl des Sicherheitsgrades bleibt dann noch immer ein weiter Spielraum und man kann schliefslich das gewählte β_0 doch einigermafsen rechtfertigen, was bei Krantz, unseres Dafürhaltens, nicht ausreichend geschieht.

15) a. a. O. Seite 21 und 22.

16) Desgl. in den Mittheilungen aus den Kgl. techn. Versuchsanstalten in Berlin, 1884.

Die Staumauern im oberen Loire-Gebiet sind nämlich aus Granit und Basalt in hydraulischem Mörtel, somit auf die denkbar festeste Art hergestellt.[17]) Uebrigens hat auch der V. internationale Binnenschiffahrt-Congrefs in Paris 1892 ausgesprochen (Abth. I, 4. Frage g) „bei guten Materialien ist eine Belastung von 12 kg auf das qcm im Mauerwerke zulässig".

5) Der Fufs.

Nach dem Vorangegangenen läfst sich ein — wenn auch in wagerechtem Sinne willkürlich verschobenes — Bild des über der wagerechten Grenzlinie LM (Abb. 9) gelegenen Theils des Mauerquerschnittes (Rumpf, Hals und Kopf), auftragen und seine Fläche K_0 berechnen, entweder durch Zerlegung in wagerechte Streifen oder mit Hülfe des Planimeters.

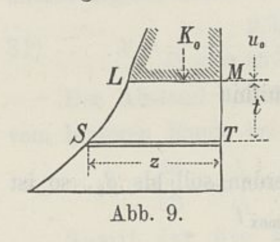


Abb. 9.

Bezüglich der gleichzeitig an den entgegengesetzten Rändern einer wagerechten Schnittebene auftretenden Spannungen müssen, unter Beibehaltung der früheren Bezeichnungen, die Bedingungen bestehen (siehe Gleichung b) in der Anmerkung zu Gleichung 11):

$$19) \quad . \quad . \quad . \quad \text{gröfsere } \beta_0 = \frac{N}{z} + \frac{3\mathfrak{M}}{z^2}$$

$$20) \quad . \quad . \quad . \quad \text{kleinere } \beta' = \frac{N}{z} - \frac{3\mathfrak{M}}{z^2}$$

β_0 soll für den ganzen Fufs festwerthig sein: gleich der zulässigen Beanspruchung des Gemäuers auf Druck.

β' mufs zunächst für $t' = 0$, d. h. beim Anschlufs an den Rumpf, zu Null werden, und wir haben vor allem zu untersuchen, ob und unter welchen Umständen β', für $t' > 0$, von t' abhängige positive Werthe haben und gegen β_0 gehen kann.

Wir betrachten eine in der Tiefe t' unterhalb der Grenzebene LM gelegene Wagerechte ST. Der über ihr befindliche Theil des Fufsquerschnittes habe die Fläche F.

a) Aus den Gleichungen 19) und 20) erhalten wir

$$21) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \begin{cases} \dfrac{N}{z} = \dfrac{\beta_0 + \beta'}{2}; \\ \dfrac{6\mathfrak{M}}{z^2} = \beta_0 - \beta'. \end{cases}$$

Hierin sind z und β' Functionen von t'.

Weil, ähnlich wie früher, $N = (K_0 + F)\mathfrak{g}$; $\mathfrak{M} = \dfrac{(u_0 + t')^3 \mathfrak{p}}{6}$,

so wird

$$21\,A) \quad . \quad . \quad . \quad \begin{cases} \dfrac{(K_0 + F)\mathfrak{g}}{z} = \dfrac{\beta_0 + \beta'}{2}; \\ \dfrac{(u_0 + t')^3 \mathfrak{p}}{z^2} = \beta_0 - \beta'. \end{cases}$$

Durch Division erhält man

$$\frac{z(K_0 + F)\mathfrak{g}}{\mathfrak{p}(u_0 + t')^3} = \frac{\beta_0 + \beta'}{2(\beta_0 - \beta')}, \text{ und hieraus}$$

$$22) \quad . \quad . \quad . \quad z = \frac{(\beta_0 + \beta')(u_0 + t')^3}{2\gamma(\beta_0 - \beta')(K_0 + F)}.$$

Man sieht sofort, dafs für $\beta' = \beta_0$, $z = \infty$ wird, dafs also β' niemals gleich β_0 werden könnte.

17) vgl. Delocre, a. a. O. S. 260.

Es fragt sich nun, wie müfste sich β' mit t' ändern? In Abb. 10 stelle der obere Theil (I), das betreffende Stück des Mauerquerschnittes, der untere (II) die Belastungsfläche für die zu betrachtende Wagerechte ST dar.

Abb. 10.

Wenn t' wächst um dt', so darf nur β' allein zunehmen um $d\beta'$, weil ja β_0 festwerthig bleiben soll, und es wird sein müssen

$$23) \quad \ldots\ldots \quad \frac{z\,d\beta'}{2} = \mathfrak{g}\,dF,$$

oder, da $dF = z\,dt'$, $\quad \frac{d\beta'}{2} = \mathfrak{g}\,dt'$, mithin

$$24) \quad \ldots\ldots \quad \beta' = 2\mathfrak{g}t'.$$

Allein, da β' nicht gröfser werden soll als β_0, so ist nach 24) $\quad {}_{\max}\beta' = \beta_0 = 2\mathfrak{g} \cdot {}_{\max}t'$

$$25) \quad \ldots\ldots \quad {}_{\max}t' = \frac{\beta_0}{2\mathfrak{g}},$$

für welchen Werth schon $z = \infty$ wird.

Die Mauerdicken wachsen also ungemein rasch, und die Bedingung $\beta' = \text{funct}\,(t')$ ist nur für Höhen, welche sehr wenig gröfser sind als u_0, erfüllbar, somit für die Ausübung nicht zu verwerthen; es bleibt daher nur übrig, vor der Hand ein- für allemal $\beta' = 0$ zu setzen.

b) Soll bei leerem Teiche die Randspannung an der Wasserseite den festen Werth β_0 haben, an der Landseite aber Null sein, so mufs stattfinden:

$$\frac{\beta_0}{2} = \frac{K_0 + F}{z}\mathfrak{g};$$

$$26) \quad \ldots\ldots \quad z = \frac{2\mathfrak{g}}{\beta_0}(K_0 + F);$$

$$z = \frac{dF}{dt'}; \text{ folglich}$$

$$\frac{dF}{K_0 + F} = \frac{2\mathfrak{g}}{\beta_0}dt';$$

$$\log \text{nat}\,(K_0 + F) = \frac{2\mathfrak{g}}{\beta_0}t' + C.$$

Für $t' = 0$ wird $F = 0$, daher $C = \log \text{nat}\, K_0$, mithin

$$\log \text{nat}\frac{K_0 + F}{K_0} = \frac{2\mathfrak{g}}{\beta_0}t',$$

$$K_0 + F = K_0 e^{\frac{2\mathfrak{g}}{\beta_0}t'};$$

wenn man dies in Gleichung 26) einführt, so ergiebt sich

$$27) \quad \ldots\ldots \quad z = \frac{2\mathfrak{g}}{\beta_0}K_0 e^{\frac{2\mathfrak{g}}{\beta_0}t'}.$$

Diese Gleichung liefert mit zunehmendem t' sehr rasch wachsende Mauerdicken; günstig ist es, wenn $\frac{2\mathfrak{g}}{\beta_0}$ möglichst klein wird, wenn man somit leichtes aber festes Gemäuer verwendet.

Bezüglich des $\mathfrak{g}$ wird man im allgemeinen keine grofse Auswahl haben; dagegen hat man es in der Hand, durch gute Ausführung und mafsvolle Annahme des Sicherheitsgrades, den Werth von β_0 erheblich über die von Krantz befürwortete Grenze zu steigern.

Die hintere Stützlinie verläuft — nach erfolgtem Zurechtschieben, wovon später — im hinteren Drittel und die Randspannung an der Vorderböschung ist bei leerem Teiche durchgängig Null. Füllt man aber den Teich, so mufs sein — unter Vernachlässigung der lothrechten Seitenkräfte des Wasserdruckes —, wenn w den Abstand der beiden Druckmittelpunkte bezeichnet (Abb. 11)

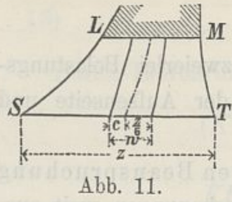


Abb. 11.

$$Nw = \mathfrak{M}; \quad w = \frac{\mathfrak{M}}{N};$$

oder, da $N = (K_0 + F)\mathfrak{g}$, $\mathfrak{M} = \frac{(u_0 + t')^3}{6}\mathfrak{p}$, $\frac{\mathfrak{g}}{\mathfrak{p}} = \gamma$,

$$28) \quad \ldots\ldots \quad w = \frac{1}{6\gamma} \times \frac{(u_0 + t')^3}{K_0 + F}.$$

Dieser Ausdruck stimmt der Form nach mit Gleichung 12) überein, wonach die Dicken z des Rumpfes berechnet wurden.

Weil aber beim Fufs die Dicken viel rascher wachsen, als beim Rumpfe, und somit die Fläche F des Fufses weit schneller zunimmt, als die Fläche R des Rumpfes, so kann das Verhältnifs $\frac{w}{z}$ von der Grenzebene LM an nach abwärts nicht mehr gleich $1/3$ sein, sondern es mufs, je weiter nach abwärts, um so kleiner werden, und schliefslich gegen Null gehen.

Der Abstand des vorderen Druckmittelpunktes von der Mitte ist

$$29) \quad \ldots\ldots \quad c = w - \frac{z}{6}.$$

Dieser Ausdruck wird Null für $w = \frac{z}{6}$ und negativ für $w < \frac{z}{6}$, sodafs dann beide Stützlinien auf der nämlichen Seite von der Mitte verlaufen.

Aus diesem Verlaufe der vorderen Stützlinie ist aber zu schliefsen, dafs bei gefülltem Teiche die Randspannung an der Vorderböschung mehr und mehr abnehmen, an der Hinterböschung aber zunehmen, und möglicherweise infolge der lothrechten Seitenkraft des Wasserdruckes das zulässige Mafs überschreiten werde.

Ungünstig ist es auch, dafs bei leerem Teiche die längs der sich verflachenden hinteren Böschung des Fufses gemessene Randspannung nach unten zu erheblich wächst. Es bleibt uns noch folgende Annahme übrig:

c) Bei vollem Teiche soll die lothrecht gemessene Randspannung auf der Landseite festwerthig, gleich β_0, auf der Wasserseite gleich Null sein.

Dieser Fall ist lediglich eine Umkehrung des vorigen, d. h. diesmal mufs die Stützlinie bei leerem Teiche im Abstande c von der Mitte verlaufen, bei vollem im vorderen Drittel. Die Werthe von z, w und c sind die nämlichen wie vorhin. Dies erklärt sich einfach, wie folgt: (Abb. 12.) Am Kernrand der wagerechten Fläche AB greife die Kraft N lothrecht an. Hierdurch erwächst am Rande B eine Spannung β_0, am Rande A liegt die Nullachse. Nun trete ein Moment $\mathfrak{M}$ hinzu, und bewirke, dafs die Angrifflinie der Kraft N nach N', um eine Strecke w verschoben wird, und alsdann im Abstande c von der Mitte steht. Will man dagegen umgekehrt bewirken, dafs dieselbe Kraft N durch den

Abb. 12.

Einflufs des nämlichen Momentes gerade an den Kernrand gerückt werde, so mufs man sie ursprünglich im Abstande w davon, oder in der Entfernung c von der Mitte angreifen lassen.

Die so zu erhaltende Gestalt des Querschnittes aber ist die den Anforderungen am vollkommensten entsprechende, und zwar aus folgenden Gründen: Die lothrecht gemessene Randspannung ist bei gefülltem Teiche an der Rückwand von oben bis unten gleich Null, wofern man die lothrechte Seitenkraft des Wasserdruckes vernachlässigt; thatsächlich aber ist der Einflufs der letzteren, selbst dort, wo er beträchtlich wird, bei den in der Ausübung überhaupt vorkommenden Höhen, ohne Nachtheil.

An der Vorderböschung des Fufses ist die ohne Berücksichtigung jener Seitenkraft berechnete lothrecht gemessene Randspannung festwerthig gleich β_0, allein thatsächlich findet, je weiter nach unten, und je mehr diese Böschung sich verflacht, eine Entlastung statt. Bei leerem Teiche werden die Randspannungen an keiner Böschung des Fufses, für endliche Werthe von t', jemals die Gröfse β_0 überschreiten.

Da die Querschnittfläche, namentlich wenn ein Fufs nöthig wird, mit der Höhe sehr rasch zunimmt, so wäre der Fall denkbar, in dem die Anlage zweier oder mehrerer Stauweiher mit niedrigeren Thalsperren bezüglich der Kosten vortheilhafter sein würde, als ein einziger von sehr grofser Tiefe.

B. Herstellung der Querschnittgestalt,

ohne Rücksicht auf die lothrechte Seitenkraft des Wasserdruckes.

Nachdem wir mit Hülfe der Gleichungen 5), 10), 14), 16), 27) und 28) die erforderlichen Abmessungen gerechnet und, am bequemsten von einer lothrechten Grundachse aus, das verschobene Bild des Staumauerquerschnittes samt den gleichermafsen verschobenen Stützlinien aufgetragen haben, erübrigt uns noch die Aufgabe, die sämtlichen unendlich schmalen wagerechten Streifen ohne Aenderung ihrer Längen z zurecht zu schieben, d. i. dergestalt übereinander anzuordnen, dafs bei jeder beliebigen Wagerechten die Schwerlinie des gesamten darüber befindlichen Theils der Querschnittfläche durch einen Punkt in bestimmtem Abstande von der Mitte hindurchgehe.

1) Der Kopf — bleibt unverändert.

2) Der Hals.

Zur Berechnung der Gröfse x (Abb. 13), um welche die Mittellinie des Trapezes vom Lothe abweicht, haben wir — zunächst wiederum den allgemeinen Fall behandelnd — $\frac{y}{x}=\frac{d}{b}$. Nun ist aber bekanntlich $\frac{d}{b}=\frac{z+2e}{3(z+e)}=\delta$, somit $y=\delta x$ (für die weit unten gelegenen Streifen wird man annähernd $y=\frac{1}{2}x$, $\delta=\frac{1}{2}$ setzen dürfen).

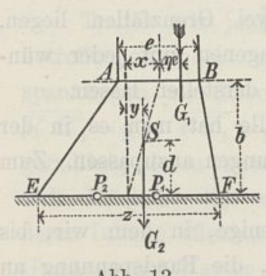


Abb. 13.

Hat man δ ausgerechnet, so ergeben die Gleichungen 6) und 7)

$$(F_1+F_2)\frac{z}{6}+F_1x+F_2\delta x+F_1\eta e=(F_1+F_2)\frac{z}{3};$$

$$30)\ \ldots\quad x=\frac{(F_1+F_2)\frac{z}{6}-F_1\eta e}{F_1+F_2\delta}.$$

Nach dieser Gleichung könnte man die stufenweise Verschiebung der mittels Gleichung 9) gefundenen Trapeze zur Bildung des Rumpfes bewerkstelligen; wir wollen sie indessen nur auf den Hals anwenden, indem wir in dieselbe folgende Werthe einführen: $z=z_1=1{,}7k$; $\eta=0$; $F_1=\frac{kh}{2}$;

$$F_2=\frac{k+1{,}7k}{2}\cdot\frac{h}{2}=1{,}35\frac{kh}{2}=1{,}35F_1.$$

$$\delta=\frac{3{,}70k}{3\times 2{,}70k}=0{,}457,$$

mithin ergiebt sich

$$31)\ .\quad x=\frac{2{,}35F_1}{(1+0{,}457\times 1{,}35)F_1}\times\frac{1{,}7}{6}k=0{,}4k.$$

Der Abstand des durch die Mitte AB gehenden Lothes vom hinteren Rande bei F ist

$$\left(\frac{e}{2}-x\right)=\left(\frac{1{,}7}{2}-0{,}4\right)k=0{,}45k.$$

Somit ist die Rückwand FB des Halstheiles überhängend um den Betrag

$$32)\ \ldots\quad (0{,}5-0{,}45)k=0{,}05k.$$

Dieses geringfügige Ueberhängen, wodurch die verlangten Lagen der Druckmittelpunkte an der Grenzebene zwischen Hals und Rumpf herbeigeführt werden, hat für die Ausführung gar nichts Bedenkliches.

Auf den überhängenden Theil wirkt indessen der Auftrieb des Wassers und erzeugt am Rande F Zugspannung. Es mufs also zunächst festgestellt werden, ob dieselbe so unerheblich ist, dafs sie vernachlässigt werden könnte. Man findet für sie den Ausdruck

$$33)\ \ldots\ .\quad \alpha=-90k\sqrt{\gamma}$$

in Kilogrammen auf das Quadratmeter.

Hieraus geht hervor, dafs α wächst mit dem spec. Gewichte und mit der Kronenbreite. Man sollte also bei grofser Kronenbreite leichtes Gemäuer anwenden.

Die specifischen Gewichte von Gemäuer schwanken ungefähr zwischen den Werthen 2 und 3,

für $\gamma=2$ wird $\alpha=-127k$;
„ $\gamma=3$ „ $\alpha=-156k$.

Bei der ungewöhnlichen Kronenbreite von 5 m wäre die Zugspannung in obigen Fällen

$$\alpha=-\frac{127\times 5}{10000}=0{,}0635\ \text{kg/qcm};$$

$$\alpha=-\frac{156\times 5}{10000}=0{,}078\ \text{kg/qcm}.$$

Da nun aber die Zugfestigkeit guten Cementmörtel-Mauerwerkes 20 bis 30 kg/qcm beträgt, so ist bei der durch das Ueberhängen des Halses verursachten Zugspannung wenigstens 250 bis 300 fache Sicherheit vorhanden und mithin die gänzliche Belanglosigkeit jenes Ueberhängens in jeder Hinsicht dargethan, um so mehr, als die Gegenwirkung einer am wasserseitigen Rande der Mauerkrone etwa zu errichtenden Brüstung und der Umstand gar nicht in Betracht gezogen ist, dafs ja der Wasserspiegel thatsächlich fast niemals bis an die Krone reicht, sondern meist mehrere Meter darunter steht.

3) Der Rumpf.

Die hintere Stützlinie beginnt an der Grenze EF zwischen Hals und Rumpf, dort, wo letztere durch die Schwerlinie der Fläche K geschnitten wird, d. i. in dem Punkte O, wel-

cher im hinteren Drittel von EF (Abb. 14) liegt. Wir wollen daher diesen Punkt als Ursprung des rechtwinkligen Achsenkreuzes wählen, von welchem aus jene Stützlinie aufgetragen werden soll. Das Loth OY sei Grundachse. Wenn nun die Tiefe t vergröfsert wird um dt, so wächst der Abstand x der Stützlinie von der Grundachse OY um dx, und die entsprechenden Zuwachse der statischen Momente in Bezug auf den neuen Druckmittelpunkt P müssen im Gleichgewichte sein, d. h. wenn c den Abstand der Mitte des Streifens zdt von P bezeichnet, so müssen wir haben

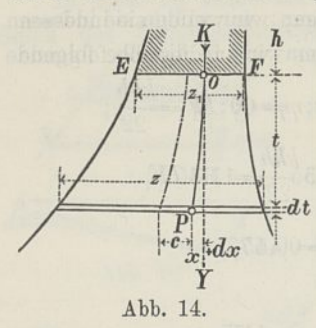


Abb. 14.

$$czdt = \left(\int_0^t zdt + K\right)dx.$$

Hieraus folgt

$$34) \quad \ldots \quad dx = \frac{czdt}{K + \int_0^t zdt}, \text{ und}$$

$$34\,A) \quad \ldots \quad x = \int_0^t \frac{czdt}{K + \int_0^t zdt}.$$

Die Ausführung der Integration läfst sich umgehen, sobald man die geometrische und mechanische Bedeutung des Ausdruckes 34) erkannt hat.

Der Zähler des Bruches ist das statische Moment eines unendlich schmalen wagerechten Streifens des Mauerquerschnittes in der Tiefe $t+h$ unterhalb der Krone, bezogen auf die hintere Stützlinie. Der Nenner ist die gesamte oberhalb der betreffenden Wagerechten befindliche Fläche des Mauerquerschnittes.

Wir können die Berechnung der x allerdings nicht genau[18]), aber doch jedenfalls so scharf, als es für die Zwecke der Ausführung sich vernünftigerweise nur immer verlangen läfst, bewerkstelligen, indem wir das eingangs erwähnte, von einer lothrechten Grundlinie aus aufgetragene, verschobene Bild des Staumauerquerschnittes benutzen und die gesamte Rumpffläche in wagerechte Streifen von gleicher oder ungleicher, jedoch geringer Breite $\triangle t$ zerschneiden, den Flächeninhalt jedes Streifens mit dem wagerechten Abstande seines Schwerpunktes von der hinteren Stützlinie multipliciren, jedes dieser Producte $\triangle \mathfrak{K}$ durch die gesamte über dem betreffenden Streifen liegende Querschnittfläche dividiren und die Ergebnisse der Reihe nach zusammenzählen.

Es ist demnach $\triangle_t x = \dfrac{\triangle_t \mathfrak{K}}{K+R}$ und

$$35) \quad \ldots \quad x = \sum_0^t \triangle x = \sum_0^t \left(\frac{\triangle \mathfrak{K}}{K+R}\right) \text{ annähernd.}$$

In Worten heifst dies:

Der Zuwachs des Abstandes der hinteren Stützlinie von der lothrechten Grundachse OY, beim Uebergang von der oberen zur unteren Begrenzung eines schmalen wagerechten Streifens der Rumpffläche ist sehr nahezu gleich dem statischen Momente dieses Streifens in Bezug auf den in der Höhe seines Schwerpunktes gelegenen Punkt jener Stützlinie, dividirt durch die Gesamtfläche oberhalb des betrachteten Streifens.

18) Es sind ja auch alle Logarithmen und trigonometrischen Functionen nur Näherungswerthe! D. V.

Man könnte hiernach das verschobene Bild auch ganz willkürlich auftragen; bequemer ist es jedoch, von einer lothrechten Begrenzungslinie auf der Teichseite auszugehen.

4) Der Fufs.

Die hintere Stützlinie für den Fufs beginnt an der den Rumpf vom Fufs trennenden Wagerechten LM (Abb. 9) dort, wo die betreffende Stützlinie des Rumpfes endet, nämlich in einem Punkte O', der im hinteren Drittel der Grenzlinie LM liegt. Durch diesen Punkt geht die lothrechte Schwerlinie der Fläche K_0, welche wir diesmal als Grundachse annehmen, mit dem Anfangspunkte O'.

Die Verhältnisse liegen dann genau wie vorhin, und die nämlichen Erwägungen führen zu den Ausdrücken

$$dx = \frac{czdt'}{K_0 + \int_0^{t'} zdt'}, \text{ oder}$$

$$36) \quad \ldots \quad \triangle_t x = \frac{\triangle_t \mathfrak{K}'}{K_0 + F} \text{ annähernd.}$$

Der aus Gleichung 35) abgeleitete Satz gilt also auch hier, und der Vorgang zur richtigen Aufzeichnung der hinteren Stützlinie, um danach die wahre Gestalt des Querschnittes zu erhalten, ist für den Fufs der nämliche, wie für den Rumpf.

Man kann, im Mafsstabe 1 : 200 arbeitend, die Streifen 1 m breit machen und wird ein sehr genaues Ergebnifs erzielen.

C) Richtigstellung der Querschnittgestalt
mit Rücksicht auf die lothrechte Seitenkraft des Wasserdruckes.

Die Vernachlässigung der lothrechten Seitenkraft des Wasserdruckes auf den nahezu lothrechten Theil der Staumauer oberhalb der Grenzebene LM zwischen Rumpf und Fufs ist gewifs statthaft. Dieser Theil: Kopf, Hals und Rumpf, bedarf also einer Abänderung nicht. Was dagegen den Fufs betrifft, so ist, wenn seine Höhe beträchtlich wird, wie bereits früher angedeutet, eine nachträgliche Verbesserung seiner Querschnittgestalt, entsprechend der thatsächlichen Wirkung des Wasserdruckes allerdings nothwendig.

Dies läfst sich nun gleichfalls auf rechnerischem Wege unter Zuhülfenahme der Zeichnung mit beliebig grofser Annäherung und ziemlich einfach bewerkstelligen. Die gesuchte Lösung mufs offenbar zwischen zwei Grenzfällen liegen, welche sich nach dem Vorangegangenen mit jeder wünschenswerthen Schärfe berechnen und darstellen lassen.

Je nach der Wahl der Grenzfälle hat man es in der Hand, den Fufs verschiedenen Bedingungen anzupassen. Zum Beispiel:

Der erste Grenzfall sei derjenige, in dem wir, bis an die Grundfläche der Mauer hinab, die Randspannung an der einen Stirne stetig wachsen, an der entgegengesetzten Null sein lassen, d. h. der „Fufs" bleibt weg und die ganze Querschnittfläche, vom Halsansatze abwärts, wird nach Gleichung 14) als „Rumpf" hergestellt; die Aufserachtlassung der lothrechten Wasserdruck-Seitenkraft aber ist hier ohne weiteres zulässig.

Den zweiten Grenzfall stelle der Querschnitt dar, bei dem der Fufs nach Gleichung 27), ohne Berücksichtigung der lothrechten Seitenkraft des Wasserdruckes, erhalten wurde, was aber, bei grofser Ausladung der hinteren Böschung des Fufses nicht angeht. Wenn man daher einen derartigen Querschnitt auf zeichnerischem Wege unter Einbeziehung des gesamten Wasserdruckes statisch untersucht, so findet man, was eigentlich schon das Gefühl lehrt, dafs thatsächlich die Randspannung an der Vorderböschung des Fufses nicht festwerthig gleich β_0 ist, sondern, bei der Grenzebene LM beginnend, von β_0 an stetig abnimmt, an der Hinterböschung dagegen von Null an stetig wächst.

Man hat sonach $\left(\text{bei Mauerhöhe} < \frac{\beta_0}{\mathfrak{g}}\right)$:

Grenzfall	Randspannung an der Grundfläche bei vollem Teiche	
	Thalseite	Wasserseite
1)	$\beta_1 > \beta_0$	0
2)	$\beta_2 < \beta_0$	$\beta'_2 > 0$
Gesuchter Fall . . .	β_0	$\beta'_0 < \beta_0 > 0$.

Wir dürfen demgemäfs wohl von zwei entgegengesetzten Grenzfällen sprechen.

Zeichnet man nun die den beiden Grenzfällen zugehörigen Mauerquerschnitte aufeinander, so decken sich Kopf, Hals und Rumpf bis zur Grenzebene LM.

Die Fufstheile dagegen, und mit ihnen die betreffenden Grundlinien, ruhen in bestimmter gegenseitiger Lage aufeinander.

Die Grundlinie $\overline{VW} = z_1$ (Abb. 15) entspricht dem ersten, $\overline{Q'R'} = z_2$ dem zweiten Grenzfalle.

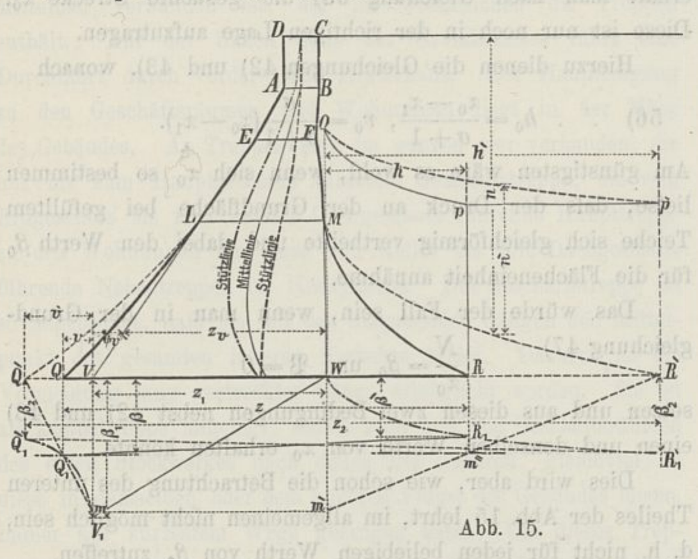


Abb. 15.

Tragen wir jetzt an den Rändern Q', R', V, W, die betreffenden, bei gefülltem Teiche auftretenden Randspannungen als Strecken lothrecht auf, sodafs $\overline{Q'Q'_1} = \beta_2$, $\overline{R'R'_1} = \beta'_2$; $\overline{VV_1} = \beta_1$, $\overline{WW} = \beta'_1 = 0$; und verbinden wir geradlinig deren zusammengehörige Endpunkte, so ergeben sich Flächen, die wir Druckflächen nennen wollen, und deren Inhalte offenbar proportional sind den Gesamtlasten von Gemäuer und Wasser über den entsprechenden Grundflächen.

Zum ersten Grenzfalle gehört sonach als Druckfläche über der Grundlinie VW das Dreieck VV_1W; zum zweiten Grenzfalle, über der Grundlinie $Q'R'$, das Trapez $Q'Q'_1R'_1R'$.

Soll nun die Randspannung an der Grundebene thalseits gleich $\beta_0 > \beta_2 < \beta_1$ werden, so mufs augenscheinlich der Rand Q' gegen V und der Punkt Q'_1 gegen V_1 gehen. Gleichzeitig wird aber sowohl R' als R'_1 sich gegen W hin bewegen müssen. Die Curven, welche dabei die Punkte Q'_1 und R'_1 beschreiben, sind, wiewohl zur Lösung der Aufgabe nicht nothwendig, in der Abbildung veranschaulicht.

Wir gehen nun folgendermafsen vor: Die auf der hinteren Böschung MR' des Fufses ruhende Wasserlast wird auf Mauerwerk zurückgeführt, indem man die Tiefenabstände n der Curve MR' durch das specifische Gewicht γ des Gemäuers dividirt und die so erhaltenen Strecken

$$n' = \frac{n}{\gamma}$$

von der Curve aus lothrecht nach oben aufträgt. Hierdurch erhält man als obere Begrenzung des stellvertretenden Mauerkörpers die Curve Op'. Der durch Vernachlässigung des Zwickels $CBFMWO$ begangene Fehler ist unerheblich. Wenn wir mithin den Mauerquerschnitt an der Rückseite nach $COp'R'$ begrenzen und im unteren Drittel der Gesamthöhe eine wagerechte Kraft W, gleich der wagerechten Seitenkraft des gesamten Wasserdruckes, angreifen lassen, so wird die Grundfläche $Q'R'$ genau so beansprucht, wie durch die ohne Rücksicht auf lothrechte Belastung seitens des Wassers gerechnete Mauer bei gefülltem Teiche. Geht man nun von der Sohlenbreite $\overline{Q'R'} = z_2$ auf eine Sohlenbreite $QR = z$ über, welche zwischen den Grenzwerthen z_1 und z_2 liegt, so bewegt sich der Punkt p' der hinteren Belastungsfläche wagerecht nach p und entsprechend jeder andere Punkt der Curve Op'. Das Trapez $OpRW$ kann daher als Parallelprojection des Trapezes $Op'R'W$ angesehen werden; ebenso das Dreieck LQV als Parallelprojection des Dreieckes $LQ'V$.

Demgemäfs erhalten wir, wenn wir die hinteren Belastungsflächen $Op'R'W$ und $OpRW$ beziehungsweise durch H' und H, die vorderen, $LQ'V$ und LQV, durch V' und V bezeichnen und im übrigen die in die Abbildung eingeschriebenen Mafse benutzen,

$$37) \quad \ldots \quad \frac{V}{V'} = \frac{v}{v'}; \; \frac{H}{H'} = \frac{h}{h'}.$$

Ist r die mittlere Höhe des Dreieckes $LQ'V$, s die des Trapezes $Op'R'W$, so gilt

$$v'r = V', \; h's = H';$$

wonach sich, wenn man V' und H' planimetrirt oder sonstwie ermittelt hat, r und s ausrechnen lassen

$$38) \quad \ldots \quad r = \frac{V'}{v'}, \; s = \frac{H'}{h'}.$$

Es ist aber auch allgemein, wegen 37)

$$39) \quad \ldots \quad vr = V, \; hs = H.$$

Wir müssen nun noch eine Beziehung festsetzen zwischen V und H. Hierfür ist nur die Bedingung gegeben, dafs, wenn V und H gleichzeitig abnehmen, die vordere Randspannung, von β_2 gegen β_1 sich ändernd, durch einen bestimmten Werth β_0 hindurchgehen mufs, und es erscheint wohl gerechtfertigt, die einfachste Annahme zu machen, bei welcher obiger Bedingung genügt wird, nämlich, dafs das Verhältnifs $\frac{dv}{dh}$ festwerthig sei.

Wir haben sonach

$$40) \quad \ldots \quad \begin{cases} \frac{dv}{dh} = \frac{v}{h} = \frac{v'}{h'} = \sigma; \\ \frac{V}{H} = \frac{V'}{H'} = \frac{rv}{sh} = \frac{r}{s}\sigma. \end{cases}$$

Nun lassen sich v und h durch z ausdrücken. Es ist

$$41) \quad \ldots \quad v + h + z_1 = z.$$

$$\sigma h + h = z - z_1;$$

$$42) \quad \ldots \quad h = \frac{z - z_1}{\sigma + 1}.$$

$$v + \frac{v}{\sigma} = z - z_1;$$

$$43) \quad \ldots \quad v = \frac{\sigma}{\sigma+1}(z - z_1).$$

Man bestimme irgendwie die Schwerpunkte des Dreieckes LVQ' und des Trapezes $Op'R'W$. Die Schwerpunkte von LVQ und $OpRW$ werden Parallelprojectionen der vorigen sein.

Die Linien LV und MW wollen wir als Gerade und MW überdies als lothrecht betrachten.

Der Abstand des Schwerpunktes der Fläche H' von dem Lothe WM ist proportional der Breite h' oder gleich

$$\varphi h',$$

wo φ eine feststehende Verhältnifszahl ist, die auch für alle Parallelprojectionen von $Op'R'W$ gilt, sodafs der entsprechende Abstand für die Fläche H beträgt

$$\varphi h.$$

Aehnlich findet man die Schwerpunktabstände des Dreieckes LVQ' und seiner Parallelprojection LVQ von der Geraden LV, jedoch in wagerechter Richtung gemessen, gleich

$$\psi v' \text{ und } \psi v.$$

Die der Zeichnung zu entnehmende Breite der ersten Grenzgestalt, $VWCD$, in der Höhe der Schwerpunkte der V (sie liegen ja alle gleich hoch über der Grundlinie $Q'R'$) bezeichnen wir durch z_v; die Fläche dieser Grenzgestalt sei S. Die statischen Momente der Mauertheile V, S, H, in Bezug auf die Mitte der Grundfläche z, seien beziehungsweise

$$\mathfrak{V},\ \mathfrak{S},\ \mathfrak{H}.$$

Das Gewicht des mittleren Theiles S denken wir uns jedoch dabei im vorderen Drittel von z_1 angebracht. Hierdurch wird nämlich das Moment der wagerechten Seitenkraft des Wasserdruckes in die Rechnung einbezogen, denn dieses Moment bewirkt eben die Verschiebung der Angrifflinie des genannten Gewichtes aus dem hinteren ins vordere Drittel der Grundlinie z_1.

$\mathfrak{V}$ und $\mathfrak{S}$ sind demnach offenbar positiv, während $\mathfrak{H}$ negativ ist. Wir haben nun:

$$\mathfrak{V} = V\left(\psi v + z_v + h - \frac{z}{2}\right)\mathfrak{g}$$

$$44) \quad = \frac{r\sigma}{\sigma+1}(z - z_1)\left\{\frac{z - z_1}{\sigma+1}(\psi\sigma+1) + z_v - \frac{z}{2}\right\}\mathfrak{g}.$$

$$\mathfrak{S} = S\left(h + \frac{2}{3}z_1 - \frac{z}{2}\right)\mathfrak{g}$$

$$45) \quad \ldots \quad = S\left(\frac{z - z_1}{\sigma+1} + \frac{2}{3}z_1 - \frac{z}{2}\right)\mathfrak{g}.$$

$$\mathfrak{H} = H\left(\frac{z}{2} - h + \varphi h\right)\mathfrak{g}$$

$$46) \quad . \quad = \frac{s(z - z_1)}{\sigma+1}\left\{\frac{z}{2} - \frac{z - z_1}{\sigma+1}(1-\varphi)\right\}\mathfrak{g}.$$

Zur Bestimmung der Randspannung β am thalseitigen Mauerfufse gilt wieder die Grundgleichung

$$47) \quad \ldots\ldots \quad \beta = \frac{N}{z} + \frac{6\mathfrak{P}}{z^2}.$$

Hier bezeichnet N, wie früher, den lothrechten Gesamtdruck auf die Grundfläche z, $\mathfrak{P}$ dagegen das resultirende Moment aus dem gesamten Wasserdruck und Mauergewicht in Bezug auf die Mitte von z. Es ist demnach:

$$48) \quad \ldots \quad \begin{cases} N = \mathfrak{g}(V + S + H), \\ \mathfrak{P} = \mathfrak{V} + \mathfrak{S} - \mathfrak{H}. \end{cases}$$

Hierdurch ist die Aufgabe gelöst und kann alles weitere ausgerechnet werden, wie folgt:

$$49) \quad . \quad . \quad N = \mathfrak{g}\left\{(r\sigma + s)\frac{z - z_1}{\sigma+1} + S\right\}$$

$$50) \quad \mathfrak{P} = \mathfrak{g}\left\{\frac{z - z_1}{\sigma+1}\left[\frac{z - z_1}{\sigma+1}\Big(r\sigma(\psi\sigma+1) + s(1-\varphi)\Big) - \frac{z}{2}(r\sigma+s) + r\sigma z_v + S\right] + S\left(\frac{2}{3}z_1 - \frac{z}{2}\right)\right\}.$$

Durch Einsetzung der Werthe 49) und 50) in die Gleichung 47) erhält man die Bestimmungsgleichung

$$51) \quad . \quad . \quad \frac{z^2\beta}{\mathfrak{g}} = z\left\{\frac{z - z_1}{\sigma+1}(r\sigma+s) + S\right\} + 6\left\{\frac{z - z_1}{\sigma+1}\left[\frac{z - z_1}{\sigma+1}\Big(r\sigma(\psi\sigma+1) + s(1-\varphi)\Big) - \frac{z}{2}(r\sigma+s) + r\sigma z_v + S\right] + S\left(\frac{2}{3}z_1 - \frac{z}{2}\right)\right\}.$$

Wir ersetzen nun die sofort auszurechnenden Gröfsen durch ihre Zahlenwerthe:

$$52) \quad \begin{cases} \dfrac{\beta}{\mathfrak{g}} = a; \quad \dfrac{r\sigma+s}{\sigma+1} = b; \quad \dfrac{r\sigma(\psi\sigma+1) + s(1-\varphi)}{(\sigma+1)^2} = c; \\ \dfrac{r\sigma z_v + S}{\sigma+1} = B; \end{cases}$$

und erhalten zunächst, nach entsprechender Zusammenziehung:

$$53) \quad z^2(a + 2b - 6c) - 2z[z_1(b - 6c) - S + 3B] = 2z_1[2S + 3(cz_1 - B)].$$

Wir rechnen weiter aus:

$$54) \quad \ldots \quad \begin{cases} a + 2b - 6c = e; \\ z_1(b - 6c) - S + 3B = E; \\ 2z_1[2S + 3(cz_1 - B)] = \mathfrak{E}. \end{cases}$$

und finden schliefslich

$$55) \quad \ldots \quad z = \frac{E}{e} + \sqrt{\frac{\mathfrak{E}}{e} + \left(\frac{E}{e}\right)^2}.$$

Durch Einführung von β_0 statt β in vorstehende Rechnung erhält man nach Gleichung 55) die gesuchte Strecke z_0. Diese ist nur noch in der richtigen Lage aufzutragen.

Hierzu dienen die Gleichungen 42) und 43), wonach

$$56) \quad . \quad . \quad h_0 = \frac{z_0 - z_1}{\sigma+1}, \quad v_0 = \frac{\sigma}{\sigma+1}(z_0 - z_1).$$

Am günstigsten wäre es wohl, wenn sich z_0 so bestimmen liefse, dafs der Druck an der Grundfläche bei gefülltem Teiche sich gleichförmig vertheilte und dabei den Werth β_0 für die Flächeneinheit annähme.

Das würde der Fall sein, wenn man in der Grundgleichung 47) $\dfrac{N}{z_0} = \beta_0$ und $\mathfrak{P} = 0$ setzen und aus diesen zwei Bedingungen nebst 42) und 43) einen und denselben Werth von z_0 erhalten könnte.

Dies wird aber, wie schon die Betrachtung des unteren Theiles der Abb. 15 lehrt, im allgemeinen nicht möglich sein, d. h. nicht für jeden beliebigen Werth von β_0 zutreffen.

QADCMR in der Abb. 15 stellt im Mafsstabe 1:1200 den Querschnitt dar, welcher nach der vorgeführten Berechnungsweise für die Furens-Staumauer sich ergeben hätte, d. h. bei Zugrundelegung von $k = 5{,}7$; $\mathfrak{g} = 2$; $\beta_0 = 60$. Die gröfste Abweichung von obigem Grenzwerthe für β, etwa 3 v. H., wird erreicht in der Tiefe von 35 m unter der Krone, indem die Randspannung an der äufseren Stirne bei vollem Teiche hier 6,2, statt 6,0 kg/qcm wird. Dies rührt offenbar von der Vernachlässigung des Zwickels *CFWO* her, welche eben so gut hätte unterbleiben können. An der inneren Stirn vermindert sich die Randspannung mit der gegen den Boden flacher werdenden Böschung. Sie wird am Rande R des Fufses 4,8 kg/qcm bei vollem und 3,5 kg/qcm bei leerem Teiche.

München, am 14. März 1893. F. Kreuter.

Halle a. S., Buchdruckerei des Waisenhauses.